

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA.



“LA PERCEPCIÓN DE TRAYECTORIAS COMO TAREA VISUAL. PROPUESTA DE
EVALUACIÓN EN FÚTBOL”.

TESIS DOCTORAL.

MANUEL SILLERO QUINTANA.
Licenciado en Educación Física.
Diplomado en Óptica y Optometría.

Madrid, 2002.
I.S.B.N: 84-689-0493-7

DEPARTAMENTO DE FÍSICA E INSTALACIONES APLICADAS A LA
EDIFICACIÓN, AL MEDIO AMBIENTE Y AL URBANISMO.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA.
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.

“LA PERCEPCIÓN DE TRAYECTORIAS COMO TAREA VISUAL. PROPUESTA DE
EVALUACIÓN EN FÚTBOL”.

Doctorando: MANUEL SILLERO QUINTANA.
Licenciado en Educación Física.
Diplomado en Óptica y Optometría.

Director: Dr. D. JESÚS JAVIER ROJO GONZÁLEZ.
Doctor en Medicina y Cirugía.

Co-director: Dr. D. JULIO CASTEJÓN.
Doctor Ingeniero.

Madrid, Mayo de 2002.

Tribunal nombrado por el Mgfco. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día de de 2002.

Presidente: D.

Vocal: D.

Vocal: D.

Vocal: D.

Secretario: D.

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis, el día de de 2002 en

Calificación:

EL PRESIDENTE:

LOS VOCALES:

EL SECRETARIO:

ÍNDICE Y RESÚMENES.

INDICE.

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1. ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DEL SISTEMA VISUAL.....	2
1.1. ESTRUCTURAS ANATÓMICAS DEL OJO.....	2
1.2. VÍAS NEURONALES DEL SISTEMA VISUAL.....	4
1.3. SISTEMAS DE ACCIÓN Y PERCEPCIÓN.....	13
1.3.1. INVESTIGACIONES SOBRE LOS SISTEMAS DE ACCIÓN Y PERCEPCIÓN.....	15
1.3.2. LA TEORÍA DE NEISSER SOBRE LOS SISTEMAS DE ACCIÓN Y PERCEPCIÓN.....	17
1.3.3. DIFERENCIAS ESTRUCTURALES ENTRE EL SISTEMA DE ACCIÓN Y EL SISTEMA DE PERCEPCIÓN.....	17
1.3.4. COORDINACIÓN DEL SISTEMA DE ACCIÓN Y EL SISTEMA DE PERCEPCIÓN.....	19
2. EL MECANISMO DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y LA TOMA DE LA DECISIÓN.....	20
3. FUENTES DE INFORMACIÓN NECESARIAS PARA ANTICIPAR LA TRAYECTORIA DE UN OBJETO EN MOVIMIENTO.....	22
3.1. INFORMACIÓN VISUAL EN LA PERCEPCIÓN DEL MOVIMIENTO.....	23
3.2. INFORMACIÓN VISUAL UTILIZADA PARA LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS COMO EJEMPLO DE PERCEPCIÓN DE MOVIMIENTO.....	25
3.2.1. LA AGUDEZA VISUAL.....	25
3.2.1.1. AGUDEZA VISUAL ESTÁTICA.....	26
3.2.1.2. AGUDEZA VISUAL DINÁMICA O CINÉTICA.....	29
3.2.2. EL CAMPO VISUAL.....	29
3.2.2.1. CAMPO VISUAL CENTRAL.....	29
3.2.2.2. CAMPO VISUAL PERIFÉRICO.....	30
3.2.3. LA VISIÓN BINOCULAR.....	32
3.2.4. LA VISIÓN ESTEREOSCÓPICA.....	33
3.2.4.1. FACTORES ESTEREOSCÓPICOS MONOCULARES.....	33
3.2.4.2. FACTORES ESTEREOSCÓPICOS BINOCULARES.....	34

3.3. EL USO DE LA INFORMACIÓN PROPIOCEPTIVA PARA LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS. SUMACIÓN DE SENSACIONES.....	36
3.3.1. LA MOVILIDAD OCULAR	36
3.3.1.1. MOVILIDAD INTRÍNSECA.	37
3.3.1.2. MOVILIDAD EXTRÍNSECA.	37
3.3.1.2.1. MOVIMIENTOS SACÁDICOS.....	38
3.3.1.2.2. REFLEJOS VESTÍBULO-OCULARES.	40
3.3.1.2.3. SEGUIMIENTOS OCULARES.....	40
3.3.1.3. EL SISTEMA VESTIBULAR.	40
3.3.1.3.1. LOS CONDUCTOS SEMICIRCULARES.	41
3.3.1.3.2. EL UTRÍCULO Y EL SÁCULO.....	41
3.3.1.4. LOS MOVIMIENTOS SACÁDICOS O NISTAGMUS.....	42
3.3.1.5. LA FORMACIÓN RETICULAR.	42
3.3.1.6. LOS PROPIOCEPTORES ARTICULARES.	43
3.3.1.7. EL PAPEL INTEGRADOR DEL CEREBELO.	43
3.3.2. SISTEMAS IMAGEN-RETINA Y OJO-CABEZA.....	45
3.3.2.1. SISTEMA IMAGEN-RETINA (I-R).	45
3.3.2.2. SISTEMA OJO-CABEZA (E-H).	45
3.3.2.3. UTILIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DETECCIÓN DE MOVIMIENTO.....	45
3.4. "TAU" COMO MECANISMO DE PERCEPCIÓN DEL MOVIMIENTO.	47
3.5. TIEMPO DE REACCIÓN VISUAL Y TIEMPO MOTOR.....	50
3.5.1. TIEMPO DE REACCIÓN VISUAL.....	50
3.5.2. TIEMPO MOTOR Y RESPUESTA DE REACCIÓN.	52
3.5.3. TIEMPO DE REACCIÓN ELECTIVA.	52
3.5.4. ANTICIPACIÓN.	54
3.5.5. ANTICIPACIÓN COINCIDENTE O INTERCEPCIÓN.....	55
4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.	56
4.1. TRAYECTORIAS DE LA PELOTA DE FÚTBOL COMO VARIACIÓN DEL TIRO PARABÓLICO.....	56
4.2. EFECTO MAGNUS.....	58
4.3. OTROS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.....	59

4.3.1. CONDICIONES AMBIENTALES.....	59
4.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PELOTA.....	61
4.3.3. LA ACTITUD DEL SUJETO DURANTE LA ACCIÓN.....	62
5. APROXIMACIONES TEÓRICAS AL ESTUDIO DE LA PERCEPCIÓN-ACCIÓN EN EL DEPORTE.....	62
5.1. LA APROXIMACIÓN INDIRECTA AL ESTUDIO DE ATRAPE DE PELOTAS.....	63
5.2. LA APROXIMACIÓN DIRECTA AL ESTUDIO DE LA PERCEPCIÓN-ACCIÓN EN EL DEPORTE.....	66
5.3. NEISSER, UNA POSTURA ECLÉCTICA.....	69
6. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	70
II. MATERIAL Y MÉTODO.....	75
1. LA SELECCIÓN DEL TEST PARA EVALUAR LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.....	76
2. MATERIAL.....	79
2.1. LA MUESTRA.....	79
2.2. LA INSTALACIÓN.....	80
2.3. MATERIAL REQUERIDO PARA LLEVAR A CABO LA BATERÍA DE TEST.....	81
2.3.1. LA MÁQUINA LANZA-PELOTAS.....	81
2.3.2. SISTEMA DE REGISTRO DE LOS DATOS SOBRE PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.....	81
2.3.3. REACTÓMETRO.....	83
2.3.4. TEST DE ACERCAMIENTO PROGRESIVO.....	85
2.3.5. OTRO MATERIAL AUXILIAR.....	85
3. MÉTODO.....	86
3.1. PROCESO DE VALIDACIÓN DEL TEST.....	86
3.1.1. DETERMINACIÓN DE LA PRECISIÓN (VALIDEZ Y FIABILIDAD) DE LA MÁQUINA.....	87
3.1.1.1. SELECCIÓN DE LAS VELOCIDADES DE LOS MOTORES.....	87
3.1.1.2. DETERMINACIÓN DE LA PRECISIÓN DE LA MÁQUINA EN LANZAMIENTOS SUCESIVOS.....	88
3.1.1.3. DETERMINACIÓN DE LA PRECISIÓN (VALIDEZ) DE LA MÁQUINA EN LANZAMIENTOS ALEATORIOS.....	89

3.1.2. DETERMINACIÓN DE LA FIABILIDAD Y OBJETIVIDAD DEL LANZAMIENTO.	90
3.1.3. DETERMINACIÓN DE LA VALIDEZ DEL TEST.	90
3.1.4. DETERMINACIÓN DE LA AUTENTICIDAD O FIABILIDAD Y DE LA OBJETIVIDAD DEL TEST.	91
3.1.5. APRENDIZAJE DE LA TAREA.	91
3.2. PROTOCOLO DEFINITIVO DEL TEST DE EVALUACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.	92
3.3. OTROS TESTS UTILIZADOS EN LA TOMA DE DATOS.	95
3.3.1. TEST DE AGUDEZA VISUAL. TEST DE ACERCAMIENTO PROGRESIVO.	95
3.3.2. DETERMINACIÓN DEL OJO DIRECTOR.	96
3.3.3. TIEMPO DE REACCIÓN VISUAL Y RESPUESTA DE REACCIÓN (TIEMPO MOTOR).	96
3.3.4. TEST DE HABILIDAD FUTBOLÍSTICA. "JUGGLING-1"	97
3.4. PROCESO GENERAL DE TOMA DE DATOS.	97
4. ANÁLISIS DE LOS DATOS.	98
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	105
5. RESULTADOS INDIVIDUALES.	106
5.1. COEFICIENTES DE ANTICIPACIÓN.	107
5.2. COEFICIENTES DE ACIERTOS.	107
5.3. COEFICIENTES DE PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.	108
2. RESULTADOS DIRECTOS FRENTE A RESULTADOS HOMOGENEIZADOS.	108
6. INFLUENCIA DE LA EDAD EN LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.	110
6.1. SEGÚN EL GRUPO DE EDAD.	111
6.2. SEGÚN EL BLOQUE DE EDAD.	114
7. INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA DEPORTIVA EN LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.	119
7.1. INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA DE DEPORTE.	120
7.2. INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA DEL FÚTBOL.	121
7.3. INFLUENCIA DEL TIPO DE DEPORTE PRACTICADO.	123
7.3.1. DIFERENCIAS ENTRE DEPORTES CON Y SIN PELOTA.	123
7.3.2. DIFERENCIAS ENTRE EL FÚTBOL Y LOS DEMÁS DEPORTES.	125

7.4. INFLUENCIA DE LA EXPERIENCIA DEPORTIVA ACUMULADA.	128
7.5. DISCUSIÓN GENERAL SOBRE LA PRÁCTICA DEPORTIVA Y LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.	130
7.6. INFLUENCIA DE LA FUNCIÓN DE LA POSICIÓN EN EL CAMPO.	133
7.7. INFLUENCIA DE LA HABILIDAD FUTBOLÍSTICA.	135
8. INFLUENCIA DE LA VISIÓN EN LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.	137
8.1. SEGÚN LA AGUDEZA VISUAL DEL SUJETO.	138
8.2. SEGÚN EL ESTADO DE LA VISIÓN.	139
9. INFLUENCIA DEL GÉNERO DEL SUJETO EN LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.	143
10. INFLUENCIA DEL TIEMPO DE REACCIÓN VISUAL Y EL TIEMPO MOTOR.	146
10.1. INFLUENCIA DEL TIEMPO DE REACCIÓN VISUAL.	146
10.2. INFLUENCIA DEL TIEMPO MOTOR.	149
11. INFLUENCIA DE LA POSICIÓN DEL SUJETO FRENTE A LA TRAYECTORIA DEL BALÓN.	151
12. INFLUENCIA DE LAS DOMINANCIAS EN LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.	153
12.1. INFLUENCIA DEL OJO DIRECTOR.	153
12.2. INFLUENCIA DE LA DOMINANCIA MANUAL.	156
12.3. RELACIÓN OJO DOMINANTE – DOMINANCIA MANUAL.	158
IV. CONCLUSIONES.	161
V. BIBLIOGRAFÍA.	166
VI. GLOSARIO.	182
VII. ÍNDICE DE TABLAS.	194
VIII. ÍNDICE DE FIGURAS.	198
IX. ANEXOS.	204

RESUMENES.

LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS COMO TAREA VISUAL. PROPUESTA DE EVALUACIÓN EN FÚTBOL.

En la mayoría de los estudios de la literatura, el criterio de evaluación de la capacidad del sujeto para percibir las trayectorias es el rendimiento en una tarea de intercepción. Esta aproximación no aísla la aptitud perceptiva real del sujeto de su eficiencia ejecutando la acción.

En este trabajo, se utilizó una máquina lanza-pelotas "JUGS" para lanzar pelotas de fútbol hacia una rejilla de "3 x 3" cuadrículas, localizada en el suelo a 25 metros de distancia de la máquina lanza-pelotas. El sujeto debía tomar una decisión, lo más rápidamente posible, apretando la tecla correspondiente al cuadro dónde la pelota iba a caer. Se midió la anticipación y la precisión de la toma de la decisión (Bard, 1973) y, posteriormente, se usaron estos datos para calcular los coeficientes de anticipación y aciertos y, con ellos, el coeficiente de percepción de las trayectorias. Además del test de percepción de las trayectorias de pelotas de fútbol, se registraron otras variables como la agudeza visual monocular y binocular, el tiempo de reacción visual (TRV) y el tiempo motor (TM), las dominancias oculares y manuales, y la habilidad y experiencia futbolística. De esta manera, se pretendía determinar la influencia de estas variables en la capacidad perceptiva del sujeto.

La muestra estuvo compuesta por 189 sujetos voluntarios (171 hombres y 18 mujeres), con edades comprendidas entre los 9 y 66 años ($\bar{X} = 21,48$; $\sigma = 13,37$). Algunos de ellos eran sedentarios (39) y el resto (159) practicaban diferentes deportes.

Los resultados mostraron una relación directa de la experiencia en práctica deportiva sobre la percepción de las trayectorias, pero sólo existieron diferencias significativas entre los sujetos activos y los sedentarios. La experiencia previa en la práctica de deportes de pelota tenía incidencia significativa en la precisión, pero no en la anticipación de la toma de la decisión.

La agudeza visual estaba también relacionada con el rendimiento en la percepción de las trayectorias de pelotas. Los sujetos ambliopes tenían peores resultados en el test de percepción de las trayectorias de pelotas de fútbol.

Otra relación directa se encontró entre el tiempo de reacción visual y el tiempo motor y la percepción de las trayectorias de pelotas. Además, confirmamos que la percepción de trayectorias de pelotas de fútbol mejora con la edad, como cualquier otra capacidad perceptiva, y que, tras un mantenimiento en la edad adulta, comienza a declinar gradualmente ligada al proceso de envejecimiento, el cual produce una degeneración progresiva de la visión y de los mecanismos de procesamiento de la información del individuo.

Algunos de nuestros datos no confirman la mayoría de los trabajos de la literatura, que tratan sobre la experiencia en juegos de pelota y la eficiencia en la percepción de las trayectorias. Las razones podrían ser algunos de los cambios que hemos incluido en el protocolo de nuestro test. Forzamos al sujeto a tomar la decisión sin dirigir su acción hacia la pelota, sino a un teclado. Además, todos los sujetos eran noveles en la tarea (apretar una tecla haciéndola corresponder con el lugar donde iba a caer la pelota). Ésta era una tarea cognitiva bastante compleja, en la cual el sujeto carecía de cualquier experiencia previa. De esta forma, el haz dorsal (Goodale y Humphrey, 1998) (o sistema de acción) se excluía en el proceso de toma de la decisión. El sujeto debía utilizar el haz ventral (o sistema de percepción) para tomar una decisión particular, que no podía ser regulada durante el movimiento de la bola.

Pensamos que, siguiendo este tipo de protocolos, se puede aislar el haz ventral en los procesos de toma de decisión, lo cual es muy importante para evaluar la capacidad perceptiva real del sujeto, independientemente de experiencia o eficiencia en la tarea. Esta cuestión podría ser interesante, por ejemplo, en la detección de talentos.

SUMMARY:

TRAJECTORIES PERCEPTION AS A VISUAL SKILL. PROPOSAL FOR EVALUATING IN SOCCER.

In most of the studies in literature, performance in an interception task is the criteria to evaluate the ability to perceive trajectories. This approach does not isolate the real subjects' perceptive aptitude from their efficiency playing the action.

In this work, a JUGS pitching machine threw standard soccer-balls towards a "3 x 3" squared grid located on the floor (25 meters away). The subject had to take a decision, as soon as possible, by pressing a key corresponding to the square in which the ball was going to drop. Anticipation and precision of the decision-making (Bard, 1973) were measured. Later on, they were used to calculate anticipation, accuracy and trajectories perception coefficients. Additionally to the soccer-ball trajectories perception test, other variables as monocular and binocular visual acuity, visual reaction time (VRT) and motor time (MT), eye and hand dominances, soccer ability and sport experience were assessed in order to determine their influence in subjects' perceptive ability.

The sample was composed by 189 volunteer subjects (171 males and 18 females) aged between 9 and 66 ($\bar{X} = 21,48$; $\sigma = 13,37$). Part of them were sedentary (39) and the rest (159) played different sports.

Results shown a significant direct relationship of sport experience on ball trajectories perception, but only between active and sedentary people. Previous experience in playing ball sports had significant incidence in the accuracy, but not in the anticipation, of the decision-making.

Visual acuity was also related with performance in ball trajectories perception. Amblyopic subjects had worst results on the soccer-ball trajectories perception test.

Another direct relationship was found between VRT and ball trajectories perception. Furthermore, we confirmed that soccer-ball trajectories perception improves with age, as any other perceptive task, and, after a plateau in adults, it declines gradually during old age, when visual and information processing problems appear.

Some of our data disagree about most of the works in the literature regarding experience in ball games on trajectories perception efficiency. The reason could be some changes that we have included in the protocol of the test. We forced subjects to take the decision without directing their action to the ball, but to a keyboard. Moreover, subjects were novice in the task (pressing the key corresponding to the place where the ball was directed). It was a quite complex cognitive task, in which they lacked previous experience. In that way, the *dorsal pathway* (Goodale and Humphrey, 1998) (action system) is "excluded" in the decision making process. The subject had to use the *ventral pathway* (perception system) to take a particular decision which can not be regulated during the movement of the ball.

We think that following this kind of protocols yields to isolation of the ventral pathway in processes of decision making, which is very important in order to evaluate the real "perceptive ability" of the subject, not the experience or proficiency in the task. This matter could be interesting, for instance, in talent detection.

I. INTRODUCCIÓN.

1. ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DEL SISTEMA VISUAL.

El 80% de la información que recibimos del medio se proporciona a través del canal visual (García, Martín y Nieto, 1994). Por lo tanto, la revisión teórica del trabajo debe comenzar por la estructura y funcionamiento del sistema visual.

1.1. ESTRUCTURAS ANATÓMICAS DEL OJO.

El globo ocular se aloja en la cavidad ósea formada por los huesos del cráneo y de la cara. Las paredes del globo ocular están compuestas por tres membranas concéntricas denominadas esclerótica, coroides y retina. Además, existen tres medios transparentes denominados humor acuoso, cristalino y humor vítreo (Thema, 1992; Hart, 1992) (Figura 1):

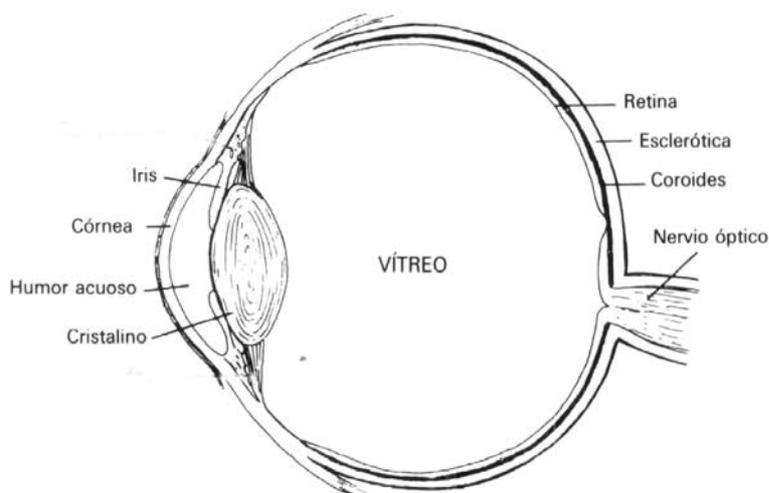


Figura 1: Partes del globo ocular (Hart, 1992).

Desde el punto de vista óptico, el ojo es similar a una cámara fotográfica, pues tiene un sistema de lentes (córnea, cristalino y las interfases transparentes existentes entre ambos), un sistema de apertura variable (la pupila), y una zona que registra la imagen (la retina) (Guyton, 1992).

Existen, además, una serie de órganos anejos, externos al globo ocular, muy importantes para la visión, que son los músculos de la órbita, las cejas, los párpados, la conjuntiva y el aparato lagrimal.

En el ámbito perceptivo, la estructura más interesante es la retina, pues contiene las células receptoras visuales, denominadas conos y bastones. Ambos constan de un segmento externo en forma de cono o bastón, que les otorga el nombre, y de un cuello estrecho, un segmento interno, un cuerpo celular y una base sináptica (Figura 2).

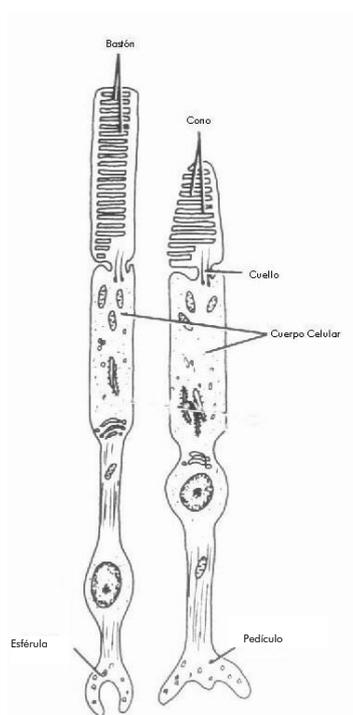


Figura 2: Estructura de conos y bastones (Snell y Lemp, 1998).

El segmento externo de los conos y bastones está formado por una serie de discos laminados que derivan de invaginaciones de la membrana plasmática. Los fotopigmentos, unidos a las membranas de los discos, son los responsables de las reacciones fotoquímicas que dan origen al potencial generador. En el hombre, como en el resto de los primates, la rodopsina es el fotopigmento de los bastones, y en los conos existen tres fotopigmentos con absorción máxima para el azul, el verde y el amarillo. La base sináptica del cono se denomina pedículo, mientras que la del bastón se llama esférula.

Los conos poseen un umbral de excitabilidad más elevado que los bastones y son estimulados con intensidades de luz relativamente elevadas. Son los responsables de la agudeza visual y de la discriminación de los colores con una iluminación adecuada. Por otro lado, los bastones reaccionan a la iluminación de baja intensidad y sirven para la visión crepuscular y nocturna.

Tanto los conos como los bastones modifican su estructura cuando entran en contacto con la luz, ello produce un intercambio de iones sodio y potasio que origina una modificación del potencial de membrana, que, a su vez, da lugar al estímulo visual. Este proceso se conoce como fototransducción.

El punto de la retina con mayor agudeza visual es la fovea, que es el lugar donde se enfoca el punto en el que concentramos nuestra mirada y, a la vez, la zona donde existe una mayor concentración de receptores visuales, principalmente conos. En el resto de la superficie retineana, la concentración de conos se va haciendo menor según nos vamos dirigiendo hacia el exterior y la concentración de bastones es relativamente superior (Figura 3).

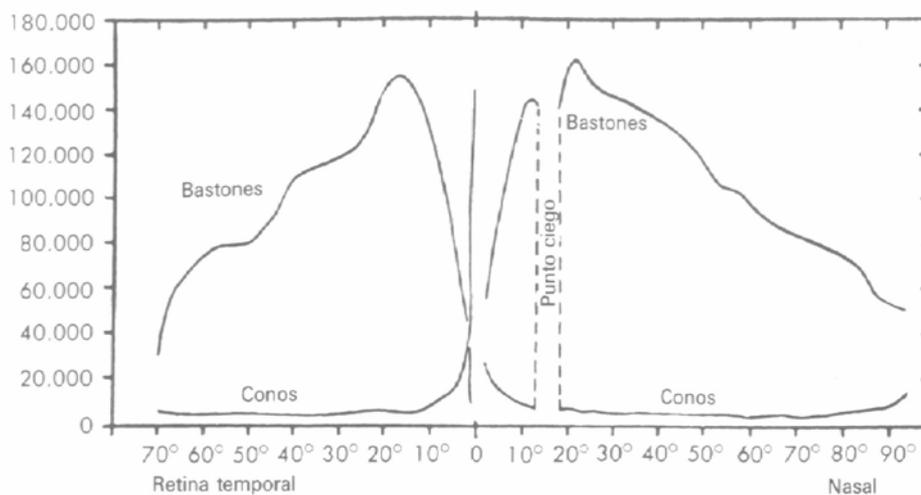


Figura 3: Número de conos y bastones en función de la excentricidad. (Hart, 1992).

1.2. VÍAS NEURONALES DEL SISTEMA VISUAL.

La recepción del estímulo visual comienza en los conos y los bastones. (Carpenter, 1994). Los pedículos de los conos poseen varias invaginaciones que contienen terminaciones

de células horizontales, bipolares pequeñas y bipolares planas en una disposición específica. Las esférulas de los bastones tienen una sola invaginación que contiene múltiples sinapsis con células horizontales y bipolares (Figura 4).

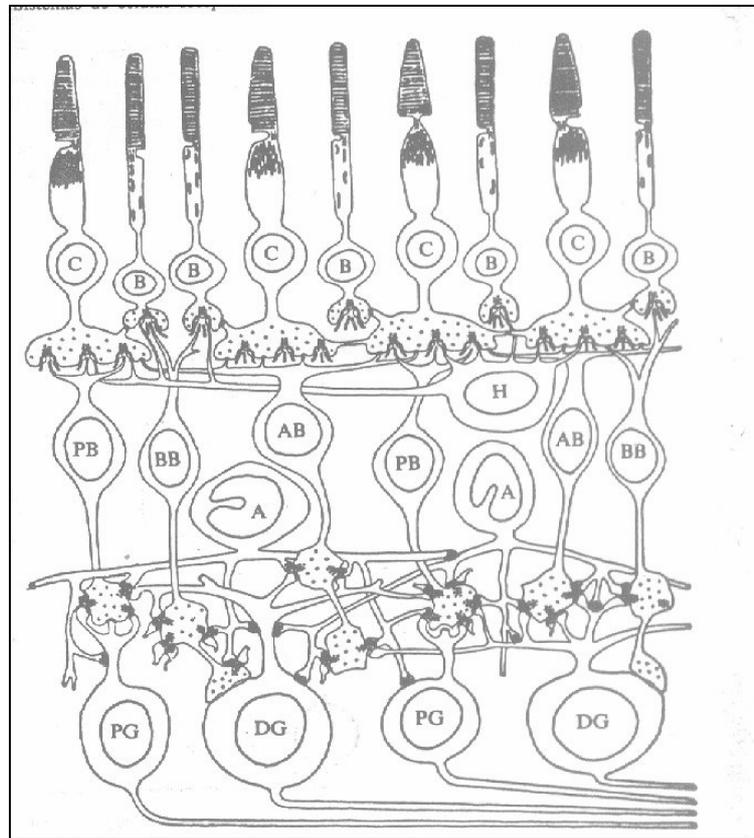


Figura 4: Estructura celular de la retina. C = Cono; B = Bastón; PB = Célula bipolar pequeña; BB = Célula bipolar en bastón; AB = Célula bipolar aplanada; H = Célula horizontal; A = Célula amacrina; PG = Célula ganglionar pequeña; DG = Célula ganglionar difusa. Fuente: (Smith, 1987).

En la retina existen una serie de células ganglionares que se ponen en contacto con el resto de neuronas de la retina y cuyos axones originan el nervio óptico. Las células ganglionares pequeñas hacen sinapsis con una sola célula bipolar y las células ganglionares difusas establecen contactos con todos los tipos de células bipolares. Por último, las células horizontales y las células amacrinas son interneuronas de la retina. Las células horizontales tienen axones y dendritas indiferenciadas que, posiblemente, sean capaces de transmitir y recibir estímulos indistintamente (Carpenter, 1994). Las células amacrinas de la capa plexiforme interna no tienen axones, pero establecen contactos sinápticos con todos los tipos

de células bipolares, con otras células amacrinas y con las dendritas y cuerpos de las células ganglionares.

Los axones de las células ganglionares convergen en la papila óptica para formar el nervio óptico. Cuando salen del globo ocular las fibras se mielinizan para una mejor transmisión del estímulo nervioso. En la papila (o disco óptico) se localiza un "punto ciego", donde se concentran todos los axones que forman el nervio óptico y, por lo tanto, no hay receptores visuales.

Las células ganglionares que componen el nervio óptico tienen diferentes tamaños, se proyectan a diferentes sitios y se clasifican, por lo menos, en tres tipos (Jessell, Kandel y Schwartz, 1997; Gregory, 1998):

- Las células X tienen velocidades de conducción menores que las Y, muestran respuestas tónicas o sostenidas, y se proyectan a la zona más dorsal del núcleo geniculado lateral y el pretectum. Son más numerosas en el centro de la retina y están implicadas en el análisis espacial de la imagen y, en particular, en la resolución de detalles finos.
- Las células Y tienen una conducción rápida, muestran respuestas transitorias o fásicas y se proyectan al núcleo geniculado lateral y al tubérculo cuadrigémino superior. Se distribuyen en la totalidad de la retina y están comprometidas en el análisis temporal de la imagen (movimiento).
- Las células W tienen respuestas tónicas o fásicas y velocidades de conducción axónica muy lenta. Se proyectan únicamente al tubérculo cuadrigémino superior y al pretectum (pero no al núcleo geniculado lateral).

La retina está dividida en hemirretina nasal y hemirretina temporal. Cada hemirretina tiene un cuadrante dorsal y otro ventral. Por lo tanto, el campo visual se divide en dos:

- Hemicampo visual derecho: proyecta sobre la hemirretina nasal del ojo derecho y sobre la hemirretina temporal del ojo izquierdo.
- Hemicampo visual izquierdo: proyecta sobre la hemirretina nasal del ojo izquierdo y sobre la hemirretina temporal de ojo derecho.

Hay que tener en cuenta que el cristalino invierte la imagen visual al proyectarla sobre la retina. De esta forma, una lesión en la parte superior de la retina origina una reducción del campo visual inferior. Otra peculiaridad es que cada hemicampo visual se proyecta en una hemirretina diferente de cada ojo. Estas características hacen que la correspondencia retineana esté cruzada, algo que es trascendental en el proceso visual.

Los nervios ópticos de ambos ojos se unen en el quiasma óptico, donde las fibras de la hemirretina nasal de ambos ojos cruzan mientras que los de la hemirretina temporal no se cruzan. La distribución de fibras resultantes pasa a llamarse tractos ópticos izquierdo y derecho. El tracto óptico izquierdo transporta la información del hemicampo derecho y el tracto derecho la del hemicampo izquierdo.

Los tractos ópticos se proyectan a tres regiones subcorticales (Figura 5).

- El núcleo geniculado, que procesa información para la percepción visual.
- El área pretectal del mesencéfalo, donde se producen los reflejos pupilares.
- El colículo superior, que genera los movimientos oculares.

El tracto óptico derecho proyecta al núcleo geniculado lateral derecho, mientras que el tracto óptico izquierdo lo hace al núcleo geniculado lateral izquierdo. Por lo tanto, cada núcleo geniculado lateral recibe aferencias de la mitad contralateral del campo visual. Las fibras continúan manteniendo una organización topográfica al llegar al núcleo geniculado lateral. Aproximadamente la mitad de la masa neural del núcleo geniculado lateral representa las zonas foveal y parafoveal de la retina. Esta predominancia lateral se sigue

manteniendo al llegar al córtex, y es debida a la máxima concentración de receptores visuales en esas zonas de la retina (Jessel et al., 1997).

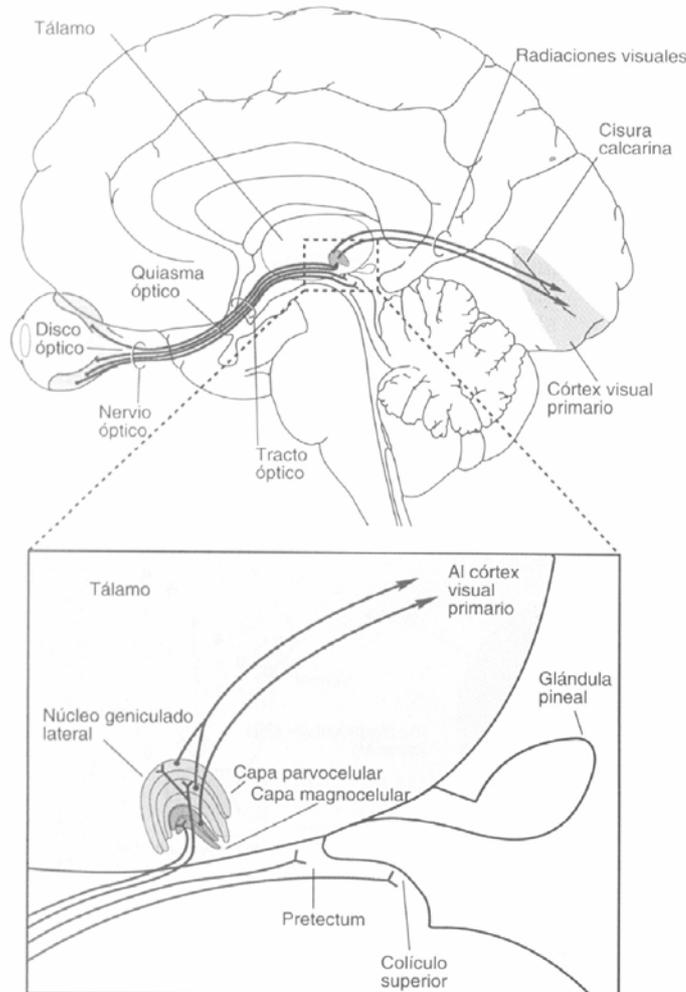


Figura 5: Proyecciones de los tractos ópticos (Jessel et al., 1997).

El núcleo geniculado lateral humano tiene seis capas perfectamente diferenciadas. Las capas se numeran de la 1 a la 6. Las dos más ventrales se conocen como las capas magnocelulares porque contienen células relativamente grandes; la mayor parte de las aferencias de la retina provienen de células "Y" (ó "M"). Las cuatro capas más dorsales se conocen como capas parvocelulares y reciben aferencias de células "X" (ó "P"). Cada capa recibe aferencias de un solo ojo; así las capas 1, 4 y 6 reciben aferencias de hemirretina nasal del ojo contralateral y las capas 2, 3 y 5 de la hemirretina temporal del ojo ipsilateral.

Únicamente entre un 10 y un 20 por ciento de las aferencias al núcleo geniculado proceden de la retina. El resto proceden de otras regiones encefálicas, muchas de ellas de la formación reticular mesencefálica y conexiones de retroalimentación del córtex. Por lo tanto, el núcleo geniculado es el regulador de información que pasa de la retina al córtex.

De las capas magno y parvocelulares del núcleo geniculado lateral (NGL), surgen tres grandes vías paralelas que alcanzan el córtex visual primario. Desde allí se dirigen a las regiones corticales de orden superior que están implicadas en la percepción de la forma, el color y el movimiento.

La primera, la vía magnocelular, está implicada en la localización y el movimiento de la imagen visual (¿dónde está el objeto?). La segunda y la tercera, las vías parvocelular-blob y parvocelular-interblob, están más relacionadas con el procesamiento del color, de la forma y de la textura (¿qué es el objeto?).

El córtex visual primario (Área 17 de Brodmann, Área Visual 1 ó V1), como el núcleo geniculado lateral, recibe en cada hemisferio cerebral información exclusivamente de la mitad contralateral del campo visual. En el ser humano, el córtex visual primario consta de seis capas con una apariencia diferente vistas al microscopio (Figura 6). La capa 4 es el objetivo principal de las células provenientes del NGL y se divide en cuatro subcapas (4A, 4B, 4C α , 4C β). En la capa 4C α se reciben los axones de la mayoría de las células M del NGL, por lo tanto, por aquí transcurre la vía magnocelular implicada en la detección del movimiento. La capa 4C β es el blanco principal de los axones de las células P y es, por tanto, parte de la vía parvocelular-interblob. A las capas 2 y 3 llegan un segundo grupo de células P que pertenecen a la vía parvocelular-blob, esta vía está encargada de procesar el color.

Dentro del córtex visual primario existen diferentes tipos de células:

- Las células piramidales son grandes y con dendritas muy ramificadas. Son células de proyección excitatoria que utilizan el glutamato como transmisor y envían sus axones a otras regiones corticales y al resto del encéfalo.

- Las células no piramidales son pequeñas y de forma estrellada; algunas de ellas tienen unos procesos similares a espinas (células estrelladas con espinas), son excitatorias y utilizan el glutamato como transmisor; otras no tienen espinas (células estrelladas sin espinas), son inhibitorias y utilizan el Ácido γ -amino butírico (GABA) como neurotransmisor. Ambos tipos de células estrelladas son interneuronas locales cuyos axones no proyectan fuera del córtex visual primario (Figura 6).

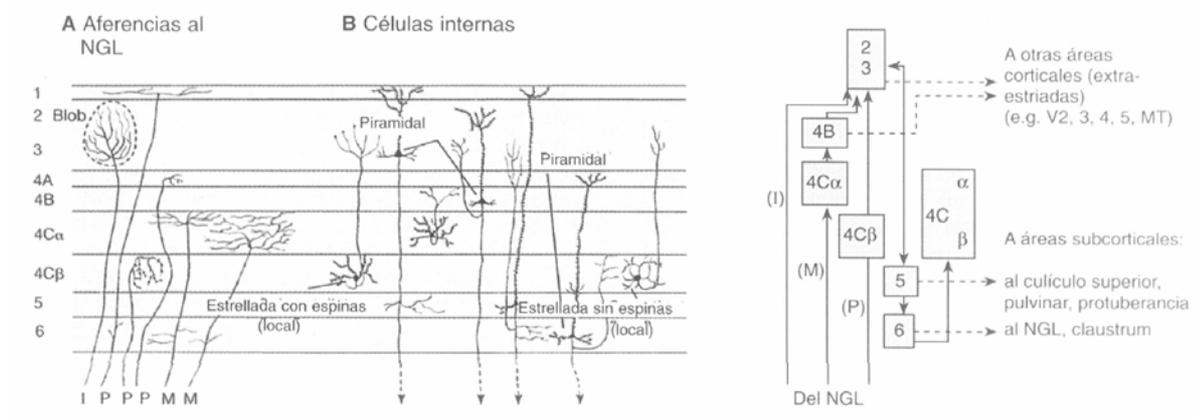


Figura 6: Aferencias al córtex visual primario. (Jessel et al., 1997).

Cuando los estímulos visuales llegan a las células estrelladas de la capa 4C β del córtex visual primario, entran en unos campos receptores circulares que convergen en células "simples" y "complejas".

- Las células simples son células piramidales cercanas a la capa 4C β . Tienen un campo receptor y una orientación determinada, por lo que, para reaccionar de manera máxima al estímulo, el cual debe tener una dirección apropiada. Las células simples están agrupadas para detectar estímulos con orientaciones dentro de un rango de 10°, por lo que si se gira un estímulo 180°, éste activará secuencialmente unos 18 tipos de poblaciones celulares simples con distintos ejes de orientación. Las diferentes células corticales que reciben sus aferencias desde un mismo punto de la retina tienen campos receptores similares, pero con ejes de orientación distintos. De esta manera, el sistema visual se asegura la representación de todos los ejes de orientación para todos los puntos de la retina.

- Las células complejas son también células piramidales pero más alejadas de la capa $4C\beta$ que las células simples. La mayoría de ellas se encuentran en las capas 2, 3, 5 y 6. También tienen campos de recepción lineales con ejes de orientación específicos. Sin embargo, sus campos son mayores que los de las células simples y la orientación del estímulo no es tan crucial para su activación. En las células complejas, el estímulo efectivo es el movimiento, en una dirección determinada, a lo largo del campo receptor.

Las células simples y complejas del córtex visual primario responden mejor a estímulos lineales con una orientación determinada. Por lo tanto, juegan un papel fundamental a la hora de reconocer los bordes de la imagen visual y su forma. La actividad combinada de las células simples y complejas podría explicar por qué mantenemos una percepción fina de un borde o del contorno de la forma, incluso cuando nuestra cabeza y nuestros ojos se mueven.

La convergencia de las conexiones celulares en el córtex visual primario se considera como la etapa inicial de la percepción (Jessell et al., 1997). Cada célula compleja controla la actividad de un grupo de células simples. Cada célula simple controla la actividad de un grupo de células estrelladas de la capa $4C\beta$ que, a su vez, controlan la actividad de un grupo de células geniculadas, que son las que controlan la actividad de un grupo de células ganglionares retineanas. En cada nivel, cualquier célula tiene una capacidad de abstracción mayor que la que tienen las células de los niveles más bajos.

En el nivel más bajo, el de las células ganglionares retineanas y el de las células geniculadas, las neuronas responden fundamentalmente a los contrastes de luz en pequeños campos receptores circulares. A nivel del córtex visual primario, las células simples y complejas responden a segmentos lineales relativamente precisos y a límites dentro de los campos receptores rectilíneos, que abarcan los campos receptores de varias neuronas de orden inferior.

De la misma forma, en cada nivel del sistema aferente, las características del estímulo necesarias para activar la célula son muy distintas. En la retina y el núcleo geniculado, sólo es importante la posición del campo receptor. En las células corticales simples, la localización del estímulo debe ser tan precisa como es su eje de orientación. En las células complejas,

cuyos campos receptores son mayores, el eje de orientación sigue siendo importante pero no así la posición exacta del estímulo.

Las neuronas del córtex visual primario, además de estar organizadas en seis capas, están distribuidas en columnas. Todas las neuronas de una columna responden a un único eje de orientación del estímulo. Cada columna de orientación tiene un grosor de 30-100 μm y contiene células estrelladas en la capa 4C con campos receptores concéntricos. Justo por encima y por debajo de la capa 4C hay células simples. Los campos receptores de todas las células de una columna están centrados en un mismo punto de la retina, aunque algunas células tienen campos receptores más grandes que otras. Cada columna de orientación contiene también muchas células complejas que reciben conexiones de diferentes células simples de la misma columna. Las columnas de orientación son la estructura fundamental para llegar al análisis visual de la forma. Cada columna de orientación posee un eje específico que se diferencia en 10° del eje de la columna adyacente (Figura 7).

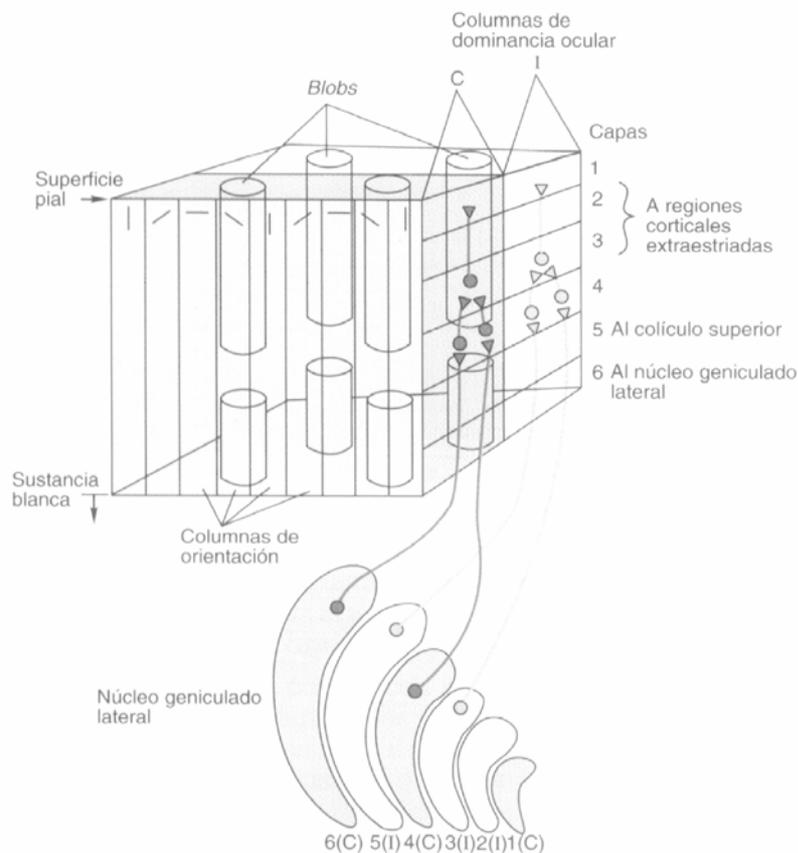


Figura 7: Estructuras de una hipercolumna (Jessel et al., 1997).

La organización del córtex visual primario en columnas se interrumpe regularmente por los “blobs”, que son bloques de células que se ocupan fundamentalmente del color y no son sensibles al eje de orientación.

El córtex visual primario tiene un tercer componente: un sistema de columnas de dominancia ocular destinado a la visión binocular, que es importante para la percepción de profundidad (estereopsis). Cada columna de dominancia ocular recibe aferencias de ambos ojos, y las columnas del ojo derecho y ojo izquierdo se alternan con regularidad.

Una hipercolumna es el conjunto de 18 columnas de orientación que representan 180° de dirección del estímulo (Bron, Tripathi y Tripathi, 1997). Una secuencia completa de columnas de dominancia ocular y sus blobs correspondientes ocupa una superficie de 1mm² de córtex visual primario (Jessel et al., 1997). Dichas hipercolumnas se repiten con regularidad y precisión por toda la superficie del córtex visual primario. Cada hipercolumna representa la infraestructura necesaria para analizar un punto de la retina, por lo tanto, es la unidad funcional de procesamiento de información visual (Bron et al., 1997).

Pero el procesamiento de la información visual no se acaba en el córtex visual primario. Este tiene conexiones con, al menos, 32 zonas del cerebro, la mayoría en regiones extraestriadas. Así, por ejemplo, la zona inferotemporal está implicada en el procesamiento de la forma y el color.

1.3. SISTEMAS DE ACCIÓN Y PERCEPCIÓN.

Un gran número de trabajos mantienen que la información visual, tras llegar al córtex visual primario, es derivada a través de dos vías de procesamiento diferentes (Baizer, Ungerleider y Desimore, 1991; Goodale y Milner, 1992; Goodale, 1993; Neisser, 1994; Goodale, 1996; Goodale y Humphrey, 1998). Aunque el concepto no era nuevo (Schneider, 1969), fueron Ungerleider y Mishkin (1982) quienes identificaron dos vías para procesar la información visual en el cerebro del mono (Figura 8):

- Una vía “dorsal”, dirigida desde el córtex visual primario al córtex parietal posterior, que se encargaría de la visión espacial y permitiría a los primates localizar un objeto en el espacio.
- Una vía “ventral”, dirigida desde el córtex visual primario al córtex temporal inferior, que estaría relacionada con la identificación de los objetos.

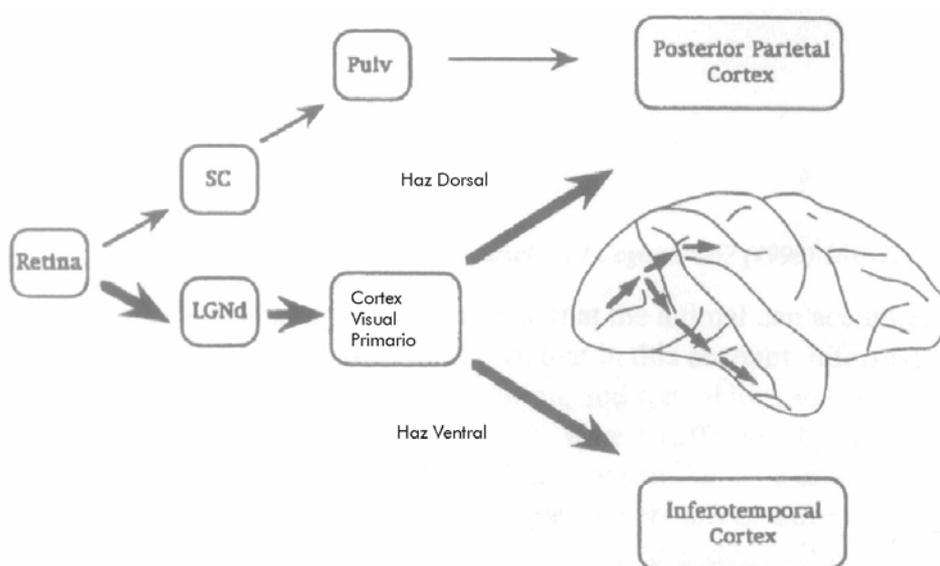


Figura 8: Esquema de las vías dorsal y ventral en el cerebro humana (Goodale y Humphrey, 1998). LGNd = Núcleo Geniculado Lateral (dorsal); SC = Colículo Superior; Pulv = Pulvino.

Estas ideas coincidían con las de Schneider (1969), que sostenía que el córtex visual primario jugaba un papel fundamental en la identificación del estímulo, mientras que el colículo superior (o tectum óptico) era el responsable de localizar los estímulos.

Estas vías dorsal y ventral posibilitarían las dos funciones principales de la visión (Goodale y Humprey, 1998):

- Crear un modelo interno del mundo exterior, que será utilizado, posteriormente, para el reconocimiento de los objetos y la comprensión de sus interrelaciones.
- Guiar nuestras acciones dentro del mundo, transformando las aferencias visuales en las eferencias motoras apropiadas.

Goodale y Milner (1992) resumieron que:

- La vía ventral está relacionada con la visión del objeto (¿qué vemos?) y tiene una mayor importancia en la construcción de la representación perceptiva del mundo y de los objetos que hay dentro de él. El procesamiento de la información por la vía ventral permitiría a un mono, por ejemplo, reconocer una fruta madura colgada de un árbol.
- La vía dorsal está relacionada con la visión espacial (¿dónde vemos?) y realiza el control visual de las acciones dirigidas a los objetos del espacio. El procesamiento de la información por esta vía proporcionaría al mono datos sobre la localización, el tamaño y la forma de esa fruta, para que el animal pudiera llegar a ella y agarrarla con su mano, para luego llevarla a la boca.

Por lo tanto, ambos sistemas procesarían una información semejante, pero los parámetros de los objetos son tratados de forma distinta para transformarlos en percepciones o en eferencias que dirijan la acción hacia el objeto.

1.3.1. INVESTIGACIONES SOBRE LOS SISTEMAS DE ACCIÓN Y PERCEPCIÓN.

Para comprender el papel de la vía dorsal, se estudió a sujetos que poseían una deficiencia conocida como ataxia óptica, provocada por un daño en la porción superior del córtex parietal posterior. Estos pacientes eran capaces de reconocer y describir objetos y podrían controlar sus movimientos a través de la propiocepción, sin embargo, eran incapaces de utilizar la información visual para llegar a los objetos y atraparlos. Su déficit no era ni puramente motor ni puramente visual, era un déficit visuomotor.

Por otro lado, el papel de la vía ventral ha sido estudiado, sobre todo, en el caso de una paciente llamada "DF", que tenía una agnosia visual profunda producida por la inhalación de monóxido de carbono cuando era un bebé (Goodale, Milner, Jacobson y Carey, 1991). Los daños producidos le impedían reconocer las caras de sus amigos de manera visual; sin embargo, los podía identificar a través de su voz y a través del tacto. Por lo tanto, no podía identificar formas cuyos contornos estuvieran definidos por diferencias de

iluminación o color. Tampoco podía percibir diferencias en la dirección del movimiento o en la profundidad.

Las imágenes de resonancia magnética tomadas a "DF" mostraron que los mayores daños se produjeron en la zona ventrolateral del córtex occipital y afectaban a la vía ventral que enviaba las proyecciones visuales al córtex inferotemporal. El resto del cerebro presentaba daños difusos. El córtex visual primario parecía intacto al igual que la vía dorsal, la cual canaliza la información al córtex parietal posterior (vía pulvinar) y al núcleo geniculado (vía córtex visual primario). Este hecho permitía a la paciente realizar respuestas visuomotoras de manera correcta.

Debido a su lesión, cuando a "DF" se le presentaban dos bloques rectangulares de dimensiones diferentes, era incapaz de distinguirlos. También fallaba cuando se le pedía indicar con sus dedos índice y pulgar la longitud de los bloques. A pesar de no poder reconocer la forma, el tamaño y la orientación de los objetos, podía guiar perfectamente su mano hacia los mismos y realizar un agarre muy ajustado. Por lo tanto, la lesión parecía haber interrumpido el flujo normal de información a su sistema perceptivo, sin afectar el procesamiento de información a través del sistema de acción.

Otra línea de investigación ha sido la de producir lesiones en distintas zonas del cerebro de los monos (Trevarthen, 1968). Cuando se producen lesiones en la zona inferotemporal del cerebro, los monos presentan profundos déficits en el reconocimiento de los objetos, pero son capaces, sin embargo, de coger pequeños alimentos del suelo y cazar insectos al vuelo. En cambio, cuando se inducen lesiones en el área parietal posterior del cerebro, los monos presentan problemas en el control visual del alcance y agarre de manera similar a lo que se había visto en humanos con daños en dicha región (Haaxma y Kuypers, 1975)

Estudios con resonancia magnética nuclear han demostrado que existen zonas en la región occipito-temporal especializadas en el procesamiento del color, la textura y las diferencias de forma de los objetos (Puce, Allison, Asgari, Gore y McCarthy, 1996). En cambio, se han encontrado regiones en el córtex parietal posterior que son activadas cuando

los sujetos realizan movimientos guiados visualmente tales como los movimientos sacádicos, seguimientos oculares o atrapés.

1.3.2. LA TEORÍA DE NEISSER SOBRE LOS SISTEMAS DE ACCIÓN Y PERCEPCIÓN.

Neisser (1994) definió los conceptos de “sistemas de reconocimiento” y “sistemas de percepción directa”, los cuales tienen semejanzas con el sistema de percepción y acción respectivamente. En la Tabla I están resumidos y comparados ambos conceptos de la teoría de los sistemas de acción y percepción, según los describen Goodale y Humphrey (1998) y Neisser (1994).

Goodale y Humphrey	Neisser
SISTEMA DE ACCIÓN:	SISTEMAS DE PERCEPCIÓN DIRECTA:
Completamente implicado en proporcionar información visual para la programación y control de las aferencias motoras.	Realizan la percepción de la localización espacial de los objetos y las relaciones entre los mismos.
Se compone de una serie de módulos visuomotores los cuales, activados de distintas formas, transforman las aferencias visuales en acciones motoras dirigidas. Los módulos visuomotores no participan en la construcción de representaciones perceptivas de la disposición de los objetos para propósitos cognitivos.	Participan en la construcción de representaciones perceptivas de la disposición de los objetos para propósitos cognitivos.
SISTEMA DE PERCEPCIÓN:	SISTEMAS DE RECONOCIMIENTO:
Realiza representaciones perceptivas de la disposición de los objetos con propósitos cognitivos.	Relacionado con la identificación y clasificación de los objetos.
Relacionado con procesos cognitivos (como la memoria a largo plazo).	Relacionado con procesos cognitivos (como la memoria a largo plazo).
Proporciona información sobre la identidad de los objetos y de sus relaciones espaciales y temporales.	Proporciona únicamente información sobre la identidad de los objetos.

Tabla I: Comparación de la teoría de sistemas de acción y percepción con la teoría de Neisser.

1.3.3. DIFERENCIAS ESTRUCTURALES ENTRE EL SISTEMA DE ACCIÓN Y EL SISTEMA DE PERCEPCIÓN.

Los sistemas de percepción y de acción de los monos utilizan de manera diferente los campos visuales central y periférico. A las células del córtex inferotemporal les llega mucha información de la fóvea y muy poca de la retina periférica, mientras que el córtex parietal posterior tiene una gran representación del campo periférico y poca del campo central o foveal (Baizer et al., 1991) (Tabla II).

Córtex Infero-Temporal (Sistema de Percepción)	- ↑ Representación foveal. - ↓ Representación Periférica.
Córtex Posterio-Parietal (Sistema de Acción)	- ↑ Representación Periférica. - ↓ Representación Foveal.

Tabla II: Esquema de la representación de los campos visuales central y periférico en los sistemas de acción y percepción.

Los estudios con ilusiones ópticas han demostrado que, aunque los sujetos no podían identificar objetos con su retina periférica, sí podían realizar acciones de agarre de los mismos de manera correcta y calibrada (Haffender y Goodale, 1998). Se llevó a cabo un experimento donde se presentaba al sujeto una ilusión óptica de forma (Figura 9). Aunque el sistema de percepción se equivocaba (pues el sujeto emitía un juicio erróneo del tamaño de los objetos), el sistema de acción funcionaba correctamente. Prueba de ello es que el sujeto realizaba de manera inconsciente acciones adecuadas de agarre, contradiciendo su decisión consciente sobre el tamaño del objeto.

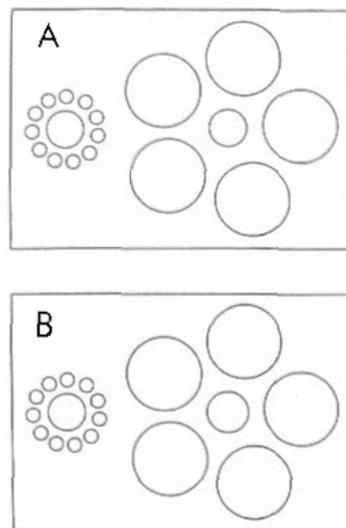


Figura 9: Esquema de ilusiones ópticas presentadas. Los dos círculos centrales de la composición "A" tienen el mismo tamaño, se percibían diferentes pero se atrapaban con la misma distancia entre índice y pulgar; sin embargo, los dos círculos de la composición "B" eran percibidos como iguales y la distancia entre el índice y pulgar era diferente durante el atrape (Haffender y Goodale, 1998).

El sistema de percepción se equivoca porque intenta hacer juicios de similitud de tamaño sobre la base de toda la información visual que le llega al sujeto, siendo él mismo el centro de referencia (Gregory, 1963). Sin embargo, la ejecución de una acción dirigida como la prensión manual, depende de juicios métricos centrados en el objeto que se desea atrapar. Los mecanismos visuales dentro del sistema de acción que dirige el control del agarre deben estimar la distancia real del objeto (probablemente basándose en datos fiables como la estereopsis y el movimiento de la imagen retineana). Por lo tanto, el cálculo del tamaño de la imagen retineana del objeto, unida a una estimación precisa de la distancia, originará el tamaño real del objeto para calibrar el agarre.

1.3.4. COORDINACIÓN DEL SISTEMA DE ACCIÓN Y EL SISTEMA DE PERCEPCIÓN.

Aunque el sistema de percepción (ventral) y el de acción (dorsal) sean dos sistemas visuales independientes, ambos deben cooperar e interactuar para llevar a cabo el control del comportamiento. De hecho, las funciones que llevan a cabo ambos sistemas se complementan y las distintas estructuras cerebrales que los componen tienen interconexiones (Goodale, 1993).

Una forma de ver la interacción entre los dos sistemas es a modo de "teleasistencia"; de manera parecida al funcionamiento de un brazo articulado (Pook y Ballard, 1996). Un operador humano utiliza un código simbólico para comunicarse con un robot que realiza la acción. El humano (sistema de percepción en la comparación) identifica el objeto, realiza el procesamiento cognitivo de la acción y proporciona al ordenador (sistema de acción en este caso) los datos que necesita para realizar la codificación de la información que dirige, de manera efectiva, el movimiento del brazo articulado. El ordenador recibe información del humano durante el desarrollo de la acción para depurar la misma, y el movimiento del brazo articulado proporcionará información continua al humano.

Por lo tanto, una vez se ha seleccionado un objeto, ambos sistemas de procesamiento de la información visual trabajan simultáneamente, aunque la naturaleza de la información visual es transformada de manera muy diferente. Esto nos proporciona una experiencia visual genérica (a través de la vía ventral) y otra adicional durante la realización de la acción (a través de la vía dorsal).

Hay evidencia de que, aunque trabajen de manera independiente, el sistema de percepción y el sistema de acción están interconectados, permitiendo la comunicación y cooperación entre ellos (Milner y Goodale, 1995).

2. EL MECANISMO DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y LA TOMA DE LA DECISIÓN.

Whiting (1969) integró las teorías existentes para definir el mecanismo de procesamiento de las habilidades perceptivo-motrices. Como cualquier otra habilidad perceptivo motriz, las habilidades que el sujeto puede realizar con una pelota requieren tres componentes físicos (los órganos sensoriales, una serie de mecanismos centrales del cerebro y el sistema muscular) unidos entre sí (Figura 10).



Figura 10: Componentes físicos del mecanismo de ejecución de habilidades perceptivo-motrices. Adaptado de Whiting (1969).

En el ámbito funcional podemos distinguir tres componentes: la entrada de información (Input) a través de los órganos sensoriales, los procesos de toma de decisión que se realizan en los mecanismos centrales y la salida de los datos del sistema nervioso central (output) para que el sistema muscular realice la acción (Figura 11).



Figura 11: Componentes funcionales del mecanismo de ejecución de habilidades perceptivo-motrices. Adaptado de Whiting (1969).

Dentro de los mecanismos centrales se reconocen tres tipos distintos: Perceptivos, Traslatorios, y Efectores (Figura 12).



Figura 12: Mecanismos centrales del mecanismo de ejecución de habilidades perceptivo-motrices. Adaptado de Whiting (1969).

Estos tres modelos se pueden integrar en uno mucho más completo sobre el análisis de la información que permite la ejecución perceptivo-motriz (Whiting, 1969) (Figura 13).

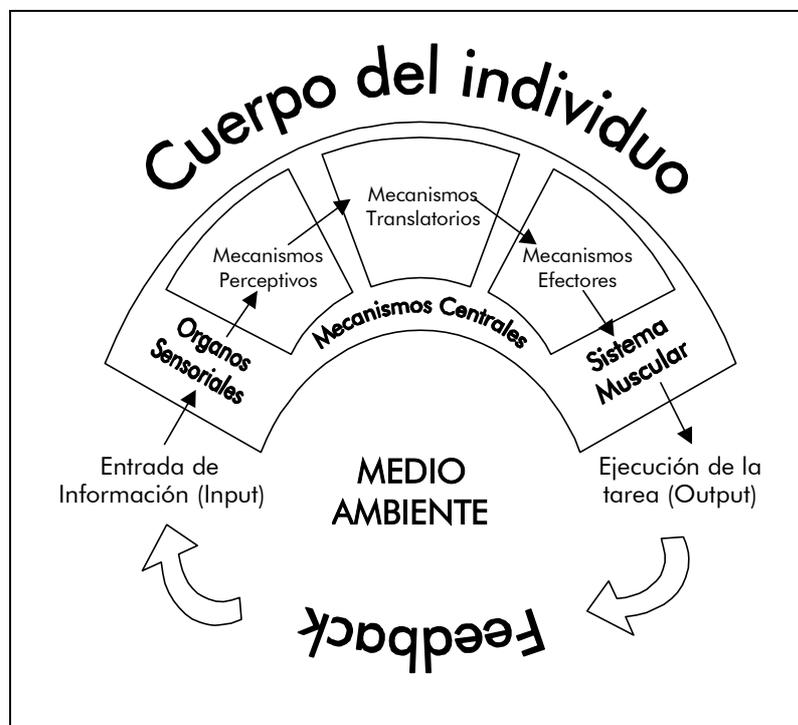


Figura 13: Análisis de la información para la ejecución perceptiva motriz. Adaptado de Whiting (1969).

Whiting considera que este modelo es dinámico pues el medio ambiente, el sistema nervioso y la atención del ser humano están en un proceso de cambio continuo. Los componentes del modelo, aunque mantienen su estructura general básica y su funcionamiento, se encuentran en un continuo estado de cambio, elaboración y sofisticación. Este tipo de modelos explicativos de la conducta motriz se conocen como "modelos de caja negra" y consideran como no conocidas las interacciones entre los componentes internos del sistema.

El sujeto no es capaz de utilizar toda la información de la que dispone del medio ambiente en un solo instante. La atención selectiva determina tanto la amplitud del campo perceptivo como la información que es extraída del mismo. Los datos sensoriales procedentes del medio ambiente externo e interno son interpretados (a través de la percepción) en los mecanismos perceptivos centrales. Sobre la base de esas percepciones, se toman decisiones para nuevas acciones. Para que la respuesta se lleve a cabo, el mecanismo traslatorio

selecciona el patrón de respuesta y el sistema efector adecuado, y proporciona el comando de ejecución apropiado al sistema muscular para que este realice la respuesta motora. Esto hace que se modifique el medio ambiente (interno y/o externo) originando una información de feedback (o de retroalimentación) sobre la efectividad de la respuesta. Este feedback unido, de nuevo, a la información del medio ambiente es utilizado para el control de la respuesta o la iniciación de nuevas acciones.

3. FUENTES DE INFORMACIÓN NECESARIAS PARA ANTICIPAR LA TRAYECTORIA DE UN OBJETO EN MOVIMIENTO.

Para poder anticipar la trayectoria de un objeto en movimiento, el individuo precisa de cuatro tipos de información (Whiting, 1969).

- Información sobre la posición del objeto en el espacio.
- Información sobre la dirección del desplazamiento del objeto.
- Información sobre la velocidad de desplazamiento del objeto.
- Información sobre la aceleración o desaceleración que sufre el objeto en el recorrido de su trayectoria.

En estos cuatro aspectos, el ojo funciona como un mecanismo de detección de errores proporcionando constantemente informaciones de retroalimentación (feedback) sobre la posición, dirección, velocidad y aceleración del objeto para, de esta forma, ir ajustando poco a poco su predicción en función de la información que va recibiendo y de su experiencia previa. Whiting y sus colaboradores (Whiting, Gill y Stephenson 1970; Sharp y Whiting, 1974; Whiting y Sharp, 1974; Whiting, Savelsbergh y Faber, 1988) realizaron experimentos utilizando situaciones en las que al sujeto se le impedía ver parte de la trayectoria de una bola. Con ello demostró que la llegada de información no tiene por qué tener carácter continuo, sino que el hombre es capaz de integrar información discontinua para predecir el punto de interceptación de un objeto en movimiento.

Si tomamos como ejemplo de percepción de trayectorias el seguimiento de una bola para realizar una recepción, necesitaremos básicamente dos tipos de información (Savelsberg y Bootsma, 1994):

- Información Temporal: El sujeto debe saber cuándo llegará la bola para realizar el atrape. Errores de ± 30 ms en la estimación de la trayectoria de la bola hacen fallar el atrape.
- Información Espacial: El sujeto también debe recibir información sobre el desplazamiento del centro de expansión del objeto con referencia a su posición en el espacio (excentricidad del movimiento); de esta forma, sabrá dónde colocar la mano para realizar el atrape.

3.1. INFORMACIÓN VISUAL EN LA PERCEPCIÓN DEL MOVIMIENTO.

El sistema visual de los humanos y el de ciertos primates son los únicos que han evolucionado para poder detectar objetos que no se encuentran en movimiento. Los animales vertebrados no suelen percibir los objetos a menos que estos se muevan. Lo mismo ocurre en la retina periférica humana (Milner y Goodale, 1995).

La evidencia de la existencia de una vía aferente distinta para la detección del movimiento ha llegado de las observaciones psicofísicas sobre "movimiento aparente", una ilusión de movimiento que aparece cuando luces separadas se encienden y apagan con los intervalos adecuados, proporcionando la ilusión de movimiento a pesar de que las luces no han cambiado de posición (Finlay, 1982; Van Doorn y Koenderink, 1984; Breitmeyer y Ritter, 1986). Las películas son otro claro ejemplo de ilusión de movimiento aparente, pero no la televisión (Gibson, 1979). Por lo tanto, para que el movimiento se perciba, la imagen debe barrer la retina de manera continuada. Esto sugiere que la información acerca de la posición y del movimiento se transporta por vías distintas.

La información del movimiento nace en las células ganglionares tipo "Y" de la retina (Jessel et al., 1997). Estas células conectan con las capas magnocelulares del núcleo geniculado lateral y, desde allí, siguen la vía magnocelular hasta la zona V1 del encéfalo o

córtex visual primario. En V1, las señales son procesadas por neuronas simples y complejas selectivas a la dirección del movimiento; cada célula responde a la dirección del movimiento perpendicular a su eje de orientación. Estas señales se elaboran posteriormente en el área temporal medial (TM ó V5) y en el área temporal superior medial (TSM ó V5a). Después, se envían al área visuomotora del lóbulo parietal, donde los patrones de neuronas reflejan la velocidad y la dirección del movimiento de los objetos en el campo visual.

La información sobre el movimiento se realiza en dos etapas. La primera está relacionada con el movimiento en una dirección; es decir, la información sobre el componente del movimiento de un objeto de múltiples caras. Cada neurona activa señalaría en esta etapa el movimiento perpendicular al eje de orientación de sus campos receptores. La segunda etapa está relacionada con el establecimiento de patrones complejos de movimiento; las neuronas activas en esta segunda etapa integrarían las diferentes direcciones de movimiento detectadas en la primera etapa de procesamiento por las neuronas activas. Se ha demostrado en monos que el área temporal medial juega un papel fundamental en este proceso de percepción de movimiento (Jessel et al., 1997).

Las células del área TM están organizadas en columnas y de manera retinotópica al igual que el córtex visual primario. Las neuronas de una misma columna se excitan a la vez únicamente por el movimiento en una sola dirección. Por lo tanto, el área TM tiene una representación completa del movimiento en todas direcciones en cada punto del campo visual. Una pequeña cantidad de células del sistema visual (200 aproximadamente) pueden proporcionar información muy precisa sobre el movimiento en una determinada dirección.

La información sobre el movimiento se utiliza con tres fines distintos (Jessel et al., 1997):

- La percepción de objetos móviles.
- El mantenimiento de los movimientos de persecución de los ojos.
- Guiar el movimiento del cuerpo en el medio.

3.2. INFORMACIÓN VISUAL UTILIZADA PARA LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS COMO EJEMPLO DE PERCEPCIÓN DE MOVIMIENTO.

La percepción de las trayectorias es una tarea visual muy compleja, que implica a la mayor parte de las habilidades visuales del individuo (García et al., 1994). Para estimar el punto donde va a caer un balón de fútbol, el sujeto debe integrar la información procedente de sus movimientos oculares (seguimientos, sacádicos, reflejos óculo-vestibulares y vergencias) y otras sensaciones propioceptivas, con habilidades visuales como la percepción de la profundidad (estereopsis), la percepción del contraste, la agudeza visual estática y dinámica, la acomodación y la amplitud del campo visual (Loran y MacEwen, 1997).

3.2.1. LA AGUDEZA VISUAL.

Se requiere tener una buena agudeza visual para percibir correctamente el objeto. Sin embargo, la eficacia visual no siempre está directamente relacionada con una agudeza visual perfecta, pues hay evidencias de que muy buenos jugadores de pelota tienen agudezas visuales por debajo de lo normal (Voisin, Elliott y Regan, 1997). El sistema visual se adapta frente a estas carencias y es capaz de obtener por otros medios la información necesaria para actuar de manera adecuada.

El concepto de agudeza visual puede tener diferentes naturalezas. Se consideran al menos cuatro subcategorías (Whiting, 1969):

- Agudeza visual de detección: que permite determinar si un objeto está presente en el campo visual.
- Agudeza visual de reconocimiento: que permite conocer de qué objeto se trata.
- Agudeza visual de resolución: que permite discriminar partes o contornos del objeto.
- Agudeza visual de localización: que permite juzgar la posición de un objeto en el espacio.

El mínimo separable se expresa como el mínimo ángulo subtendido por dos puntos que permita su visión separada, en el caso del ser humano el mínimo separable es un minuto de grado (Frerebeau, 1990). El mínimo visible es el ángulo que permite detectar la presencia de un elemento sobre un fondo. Debe corresponder a 25-30 segundos de arco (Chevaleraud, 1986).

El mínimo separable no se corresponde con el mínimo visible; la distancia que tiene que haber entre dos puntos es mayor que el diámetro de un punto para ser percibido como independiente dentro de un fondo uniforme. Esto es debido a que la visión tiende a uniformizar las imágenes de los objetos. Ello nos permite ver líneas discontinuas como continuas o los fotogramas de las películas como una acción continua.

Otra clasificación más común de la agudeza visual (AV) es la determinada por la situación dinámica del objeto. Hablamos, según esto, de:

- Agudeza visual estática.
- Agudeza visual dinámica.

3.2.1.1. AGUDEZA VISUAL ESTÁTICA.

Está definida como la capacidad de detectar o reconocer las imágenes en detalle cuando, tanto el observador como el objeto, están en reposo (García et al., 1994). Se tendrá la máxima agudeza visual cuando el objeto esté enfocado en la fovea. Permite detectar la presencia de un elemento sobre el fondo donde se encuentra.

La agudeza visual aceptada como óptima es la unidad (10/10). Una disminución de la misma puede estar producida por una ametropía o una patología, tanto del globo ocular como de la retina o las vías de transmisión del impulso visual.

La agudeza visual estática depende de factores ambientales y factores individuales:

- Factores Ambientales:

+ La iluminación. La agudeza visual es peor en condiciones extremas de iluminación. Esto es debido a que en condiciones fotópicas actúan los conos, mientras que en condiciones escotópicas la función visual es guiada fundamentalmente por los bastones (Figura 14).

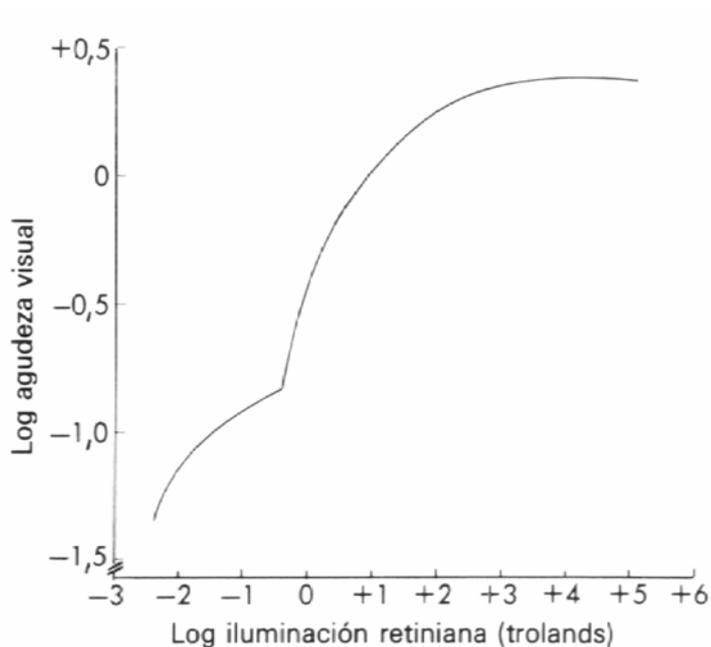


Figura 14: Agudeza visual en función de la iluminación (Hart, 1992).

+ La adaptación. La adaptación de la retina a ciertas condiciones de luz hace disminuir la agudeza visual cuando éstas cambian.

+ El contraste. La agudeza visual aumenta cuando existe una gran diferencia de contraste entre la figura y el fondo.

+ La duración de la observación. Si el tiempo de observación es breve, la sensación no se establece, y si es largo (sin experimentar variación), la percepción se atenúa. Una décima de segundo basta para una correcta observación.

•Factores Individuales:

+ La edad. La agudeza visual se adquiere rápidamente en los primeros meses de vida (Figura 15-a) y se pierde progresivamente a partir de los 40-50 años (Figura 15-b).

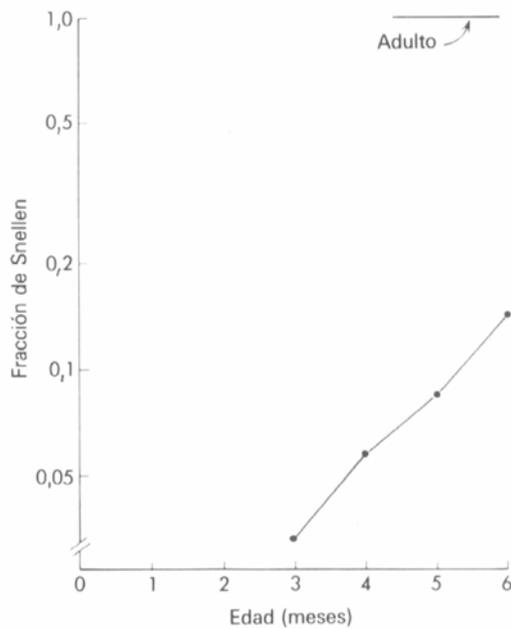


Figura 15-a: Agudeza visual en bebés (Hart, 1992)

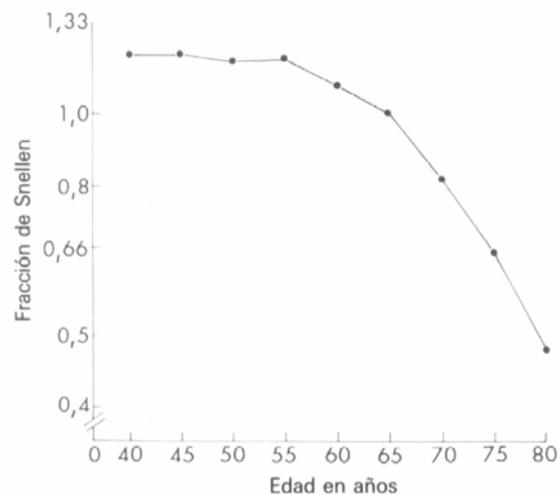


Figura 15-b: Agudeza visual en función de la edad (Hart, 1992)

+ La distribución de fotorreceptores. Una imagen que caiga en el área central se percibirá perfectamente, pues la fóvea es la zona con mayor concentración de conos. Sin embargo, si la imagen tiene una cierta excentricidad, la definición con la que se vea dependerá de la concentración de conos de la zona (Figura 3).

+ El diámetro pupilar. La pupila, como un diafragma, regula la cantidad de luz y, por lo tanto, la nitidez de la imagen.

+ Los defectos de refracción. Las ametropías disminuyen la agudeza visual. El sistema de corrección de los hipermétropes tiende a aumentar la imagen y el de los miopes a disminuirla.

3.2.1.2. AGUDEZA VISUAL DINÁMICA O CINÉTICA.

Es muy importante en el deporte, pues permite la detección y el reconocimiento de objetos en movimiento. Permite discriminar dos elementos: el descentramiento y la velocidad.

La agudeza visual dinámica varía en función de la velocidad del desplazamiento y la cantidad de luz. La mayor efectividad se obtiene cuando se tiene algún sistema de referencia fijo dentro del campo visual. Si faltan dichos puntos de referencia, el movimiento se percibe con mayor dificultad y la evaluación del movimiento se retrasa. Se realizaron experimentos (Von Hofsten, Rosengren, Pick y Neely, 1992) en los que se evaluó la efectividad de la percepción monocular y binocular de trayectorias, con la existencia o no de marcos de referencia luminosos, bajo condiciones de luz y oscuridad. Se vio que se obtenían mejores resultados, sobre todo en visión binocular, cuando se disponía de un marco de referencia a la hora de evaluar el movimiento.

3.2.2. EL CAMPO VISUAL.

Corresponde a la extensión que podemos ver sin realizar ningún movimiento ocular. La diferencia de distribución de conos y bastones a lo largo de la retina genera que se hable de los tipos de campos visuales, que presentan también distintas funciones:

- Campo Visual Central.
- Campo Visual Periférico.

3.2.2.1. CAMPO VISUAL CENTRAL.

Es la zona de mayor agudeza visual y con mayor capacidad para percibir el color. Corresponde a una zona muy reducida conocida como mácula. La mayor efectividad de agudeza visual se da en la fovea, donde hay una elevada concentración de conos y no existen bastones.

Según nos vamos alejando de la fóvea, la agudeza visual de la retina periférica se va haciendo menor. Una excentricidad de 5° reduce la agudeza visual a 0,3 mientras que con 30° pasa a ser inferior a 0,1 (Figura 16).

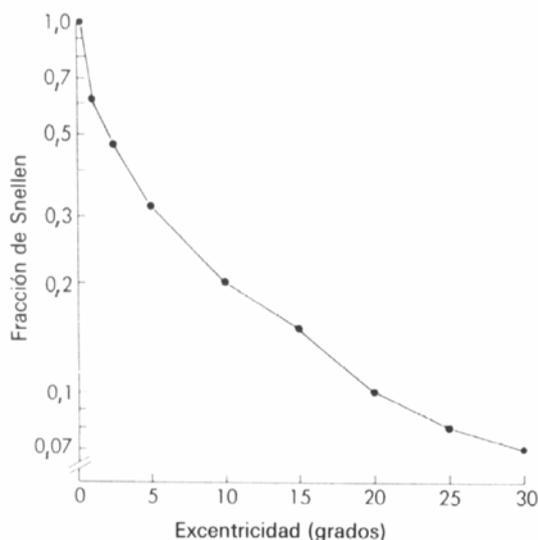


Figura 16: Agudeza visual en función de la excentricidad (Hart, 1992).

3.2.2.2. CAMPO VISUAL PERIFÉRICO.

La distribución de conos y, sobre todo, de bastones en la retina periférica es diferente de la existente en la retina central. El número de conos disminuye drásticamente a valores entre 4000 y 5.000 por mm^2 fuera de la retina central y tienen un tamaño más pequeño ($6,5 \mu$ en la periferia frente a las 38μ de la fóvea). Los bastones, en cambio, van disminuyendo de manera progresiva hasta alcanzar un valor de 30.000 a 40.000 por mm^2 en la periferia más extrema (Figura 3).

El papel de los conos en la retina periférica parece ser, además de la percepción de los colores, la transmisión de parte de la energía recibida hacia los bastones vecinos, por lo que aumentarían la sensibilidad de los bastones en condiciones escotópicas (Chevaleraud, 1986).

La retina periférica no percibe con exactitud ni los colores ni las formas, sin embargo, juega un papel esencial en la detección del movimiento. Registra rápidamente el movimiento para luego, en función del interés del mismo, desecharlo o generar la fijación central y los movimientos de compensación de la cabeza.

El desplazamiento angular de un objeto en la retina periférica atrae la atención y desencadena un movimiento del ojo o de la cabeza, que permite la captación de la imagen por la fóvea. Este es el denominado reflejo de fijación.

Si la excentricidad es superior a 20° , el movimiento de los ojos se acompaña de un movimiento de la cabeza para dirigir la mirada hacia el objeto en movimiento. Cuando aparecen varios estímulos simultáneamente en el campo de visión, se debe producir una elección, por lo que el tiempo de respuesta se alarga.

3.2.3. LA VISIÓN BINOCULAR.

Aunque la visión monocular no impide la práctica de casi ninguna actividad, la visión binocular permite un mayor rendimiento visual pues participa en la visión de la profundidad y el relieve (o visión estereoscópica) y aumenta el campo visual funcional.

Para que se dé la visión binocular se deben cumplir las siguientes condiciones (Hart, 1992):

1º. Que exista una correcta función cortical y que el transporte de la información de la retina al córtex sea perfecto.

2º. Que el campo visual de ambos ojos sea similar tanto en cantidad (120° aproximadamente) como en calidad (personas con distintos errores refractivos en cada ojo difícilmente tienen visión binocular).

3º. Que existan correspondencias retineanas punto a punto entre ambos ojos. En todas las distancias, la imagen que perciba un punto de la retina de un ojo debe corresponder con la recibida por su punto correspondiente en el otro (Figura 17a).

Posteriormente, gracias a la semidecusación y a la función cortical, dichas imágenes se integrarán.

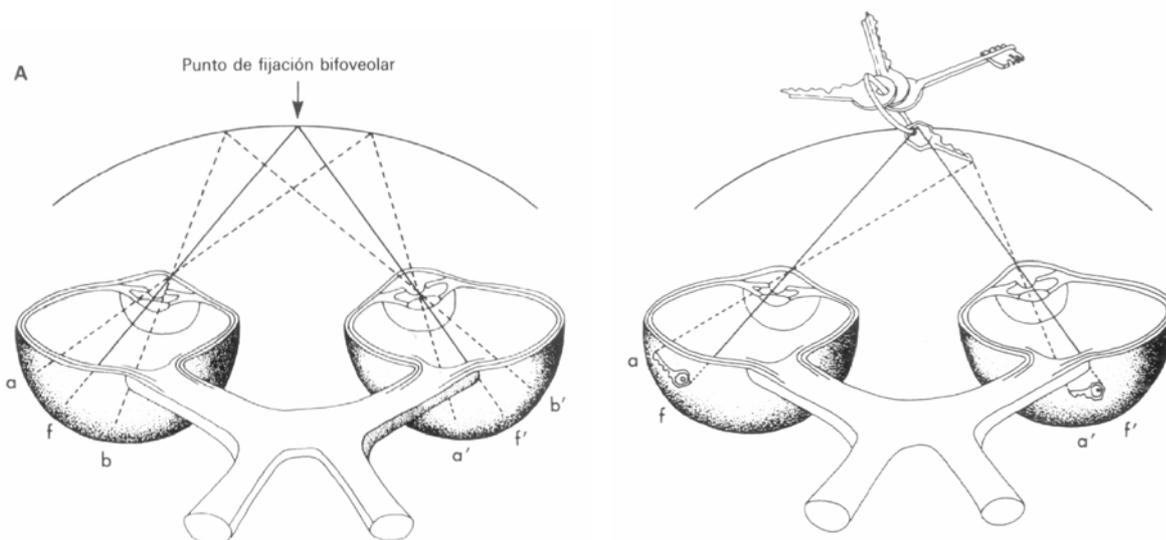


Figura 17a: Correspondencia retineana normal (Hart, 1992). **Figura 17b:** Disparidad en las imágenes = Diplopia (Hart, 1992).

Debido a la separación de los ojos en el plano horizontal, las imágenes de cada ojo son ligeramente distintas (Figura 17a). Esto posibilita que, al integrarse las dos imágenes en el cerebro, den una sola con sensación de profundidad.

4ª. Que los músculos oculares funcionen correctamente. Esto permitirá la correcta colocación de los ojos para que las imágenes caigan en puntos correspondientes de la retina.

Cuando la visión binocular falla no se produce la fusión de las imágenes y se produce diplopia (Figura 17b). Si la diplopia persiste, el córtex prescinde de una de las dos imágenes que le llegan y se queda con la mejor. Si esto se produce intermitentemente se denomina suspensión y si se produce siempre se denomina supresión.

La falta de visión binocular se manifiesta, normalmente, por un estrabismo, en el que se desvía el ojo cuya imagen se suprime.

3.2.4. LA VISIÓN ESTEREOSCÓPICA.

La visión binocular nos aporta la mayor parte de la visión espacial en las tres dimensiones del espacio. Sin embargo, la evaluación de las distancias se puede producir también con visión monocular, pero se establece con más lentitud y con menos precisión.

La visión binocular implica una correcta interpretación de los datos que llegan. La visión espacial depende de varios factores tanto monoculares como binoculares (Chevaleraud, 1986):

3.2.4.1. FACTORES ESTEREOSCÓPICOS MONOCULARES.

Una persona que posea únicamente visión monocular puede percibir sensaciones de profundidad gracias a (Hart, 1992):

- El Color y la Nitidez de los objetos: Las siluetas nítidas facilitan la percepción de las distancias. Si dos objetos están a distintas distancias, éstos presentarán distinta intensidad de color y nitidez de imagen. (Ver "d" y "g" en Figura 18).
- Las Sombras: Sobre todo en condiciones de poca luz y con focos puntuales, nos pueden dar información sobre relieve y profundidad. (Ver "h" en Figura 18).
- La Superposición de Contornos: Podemos ver cómo, por ejemplo, un jugador cercano oculta en parte a un jugador más alejado.
- La Perspectiva: La perspectiva hace que, si miramos a dos líneas que se alejan hacia el horizonte, éstas tiendan a unirse (ver "i" en Figura 18), o que objetos del mismo tamaño parezcan más pequeños al estar más lejos. (Ver "c" - "d" y "b" - "a" en Figura 18).
- La Acomodación Monocular: Si enfocamos un objeto y después otro de manera monocular, podemos obtener información de profundidad debido a que, para verlo correctamente enfocado, se debe modificar la acomodación.

- La Paralaje del Movimiento: Si movemos un ojo o la cabeza, los objetos a distinta distancia se mueven de distinta forma. (Ver "i" en Figura 18).

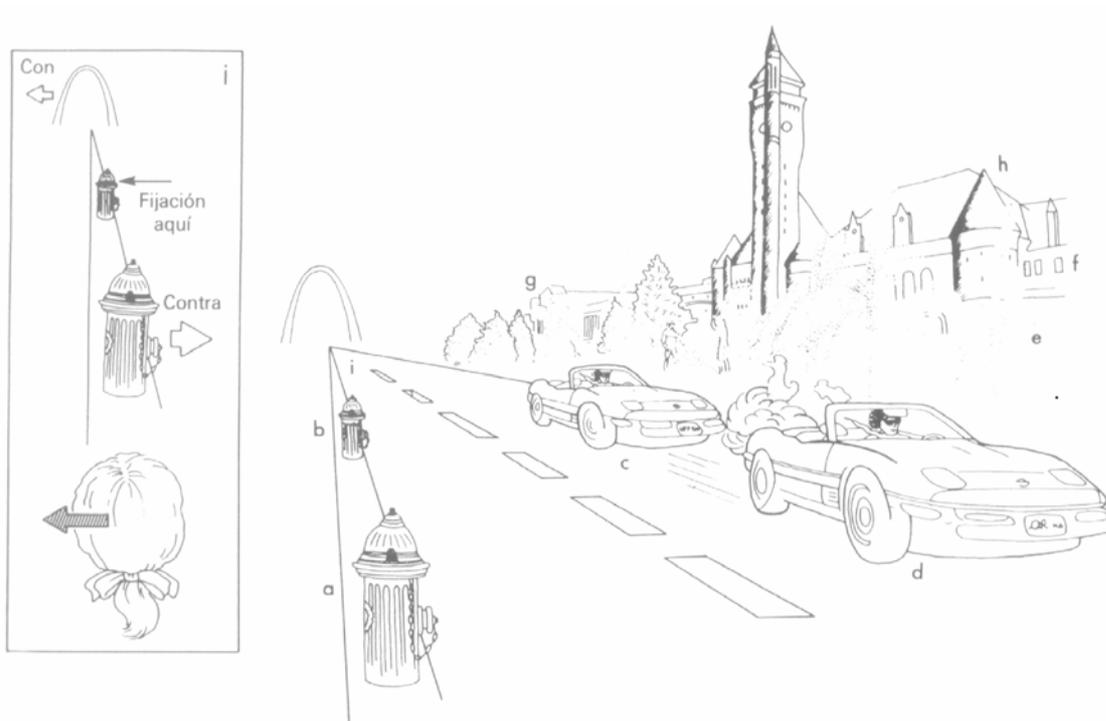


Figura 18: Imagen tridimensional con visión monocular (Hart, 1992).

3.2.4.2. FACTORES ESTEREOSCÓPICOS BINOCULARES.

- La Paralaje Estereoscópica: Cada ojo recibe imágenes ligeramente distintas, pues ocupan posiciones diferentes. Se dice que se produce una disparidad y las imágenes caen en puntos no correspondientes. (Ver "a" en Figura 18). Esto se pone de manifiesto si alternativamente cerramos un ojo y después el otro.

Si tenemos dos pelotas, una ligeramente más cercana que la otra, y fijamos la mirada en la más cercana, cada uno de los ojos tendrá en fovea la imagen de esa bola, mientras que la bola alejada caerá en puntos diferentes de la retina. El cerebro valora esa diferencia y permite apreciar la distancia entre ellas.

- La Diplopia Fisiológica: Los objetos vistos inconscientemente en diplopia homónima parecerán más cercanos. Los objetos vistos inconscientemente en diplopia cruzada parecerán más próximos.
- La Convergencia y la Acomodación Binocular: Una variación en la acomodación promueve, de forma refleja, una convergencia o una divergencia (aducción o abducción simultánea de los ejes visuales) y viceversa.

La convergencia y la acomodación intervienen, fundamentalmente, en la percepción de profundidad cuando se trata de objetos situados a distancias inferiores a 5 m. Más allá de 30 m, su efectividad es casi nula.

Si los ángulos de los ejes visuales se conocen, la distancia del punto de convergencia es también potencialmente conocida, por lo que la convergencia es la base para la percepción absoluta de la distancia (Berkeley, 1709 en Von Hofsten et al., 1992).

Todos los individuos tienen diferentes, pero relativamente estables, reservas de acomodación y convergencia. La diferencia entre la convergencia al mirar a un objeto y la reserva de convergencia es la que determina la distancia percibida (Von Hofsten et al., 1992).

La convergencia es estimulada por las imágenes dobles que se obtienen del objeto (una en cada ojo). La capacidad de registrar imágenes se hace difícil cuando la disparidad entre las dos imágenes se hace grande.

Existe una convergencia estática y una convergencia dinámica. La convergencia dinámica es una mayor fuente potencial de información sobre profundidad que la estática, pues la velocidad relativa de las dos imágenes de un objeto en movimiento proporciona una clave precisa de su dirección de movimiento en profundidad.

Se han realizado experimentos donde se incrementó artificialmente la separación interocular (Distancia Interpupilar) por medio de un telestereoscopio. (Judge y Bradford, 1988; Van der Kamp, Savelsbergh y Smeets, 1999; Bennett, Van der Kamp, Savelsbergh y Davids, 1999). Esto proporcionó al sujeto un incremento de la reserva de convergencia y, por lo tanto, una mayor efectividad a la hora de capturar bolas. Sin embargo, tras un breve período de tiempo el sistema ocular del individuo se adaptó y los resultados volvieron a ser normales. Al quitar el dispositivo, los resultados fueron peores para luego ir, progresivamente, mejorando hasta llegar a valores normales. Estos estudios demuestran que la convergencia cumple un papel fundamental en la percepción del espacio, y que dicho sistema puede ser rápidamente recalibrado (Von Hofsten et al., 1992).

3.3. EL USO DE LA INFORMACIÓN PROPIOCEPTIVA PARA LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS. SUMACIÓN DE SENSACIONES.

Además de la información visual, el sujeto puede recibir información propioceptiva sobre la posición del propio cuerpo y sobre los movimientos oculares producidos durante el seguimiento del objeto. Todas esas informaciones propioceptivas se deben integrar con las exteroceptivas, principalmente visuales, para realizar una respuesta adecuada.

Hay que destacar la importancia del sistema vestibular (el utrículo, el sáculo y los conductos semicirculares), los movimientos sacádicos oculares o nistagmus, la formación reticular, los propioceptores articulares, y el papel integrador del cerebelo (Houssay, 1989).

3.3.1. LA MOVILIDAD OCULAR.

En la movilidad ocular se deben diferenciar los movimientos intrínsecos, que se producen en el interior del ojo, de los movimientos extrínsecos, producidos por los músculos que rodean el globo ocular, los cuales se acompañan, en ocasiones, de movimientos de la cabeza.

3.3.1.1. MOVILIDAD INTRÍNSECA.

Dentro del ojo se producen distintos tipos de movimientos:

- La Movilidad Iridiana: La pupila del iris sirve como diafragma que regula la cantidad de luz que llega a la retina y mejora la calidad de la imagen. Cuando la pupila se contrae, se reducen el astigmatismo y las aberraciones en la imagen retineana. La variación del tamaño de la pupila (midriasis cuando se reduce el diámetro pupilar y miosis cuando se aumenta) se produce mediante inervación simpática del músculo liso del esfínter del iris (Loewefeld, 1999).
- La Acomodación: El cristalino tiene la capacidad de modificar sus radios de curvatura y, por lo tanto, su potencia. De esta forma, se posibilita la visión en distancias inferiores a 5 m.

El cristalino está sujeto al cuerpo ciliar mediante las fibras de la zónula que están unidas al músculo. Cuando el esfínter del iris se contrae, la zónula se relaja y permite al cristalino relajarse aumentando su potencia progresivamente. Esta capacidad de modificación de la potencia del cristalino se va perdiendo con la edad y pasa de 14 dioptrías en la infancia a 3 dioptrías a los 45 años.

Para que la imagen sea de calidad, la acomodación induce de manera refleja una convergencia. Ninguna de ellas es automática y precisan de un breve tiempo (entre 0,20 y 0,35 segundos) para que se produzca; por esta razón tardamos un cierto tiempo en ver una imagen bien enfocada al pasar bruscamente de visión próxima a lejana y viceversa.

3.3.1.2. MOVILIDAD EXTRÍNSECA.

El ojo tiene cuatro músculos rectos y dos oblicuos que permiten los siguientes movimientos:

- Ducciones: Tienen carácter monocular y pueden ser abducción, aducción, elevación, depresión y rotación en el sentido del eje óptico (incidotorsión y excidotorsión).
- Versiones: Los dos ojos se mueven en el mismo sentido. Se producen de esta forma dextroversión, levoversión, supraversion, infraversión, dextrocicloversión y levocicloversión.
- Vergencias: Los dos ojos se mueven en sentidos opuestos. Se habla entonces de convergencia (movimiento de los ejes hacia adentro), divergencia (movimiento de los ejes hacia afuera), divergencias verticales, incidovergencia o excidovergencia.

Todos estos movimientos se caracterizan por su precisión debido a la elevada especificidad de la inervación de los músculos extrínsecos del ojo.

Además, se deben citar las compensaciones, que son movimientos de la cabeza y el cuello, las cuales ayudan a orientar la mirada cuando la excentricidad del objeto es grande.

Estos movimientos tienen carácter voluntario se pueden realizar de manera aislada y son, además, la base de los siguientes movimientos más complejos y de carácter involuntario (Hart, 1992):

- Movimientos Sacádicos.
- Reflejos vestíbulo-oculares.
- Seguimientos Oculares.

3.3.1.2.1. MOVIMIENTOS SACÁDICOS.

Son movimientos rápidos iniciados por una ráfaga de alta frecuencia hacia los músculos agonistas correspondientes que va unida a un período de inhibición de los

músculos antagonistas. La ráfaga o "pulso" está coordinada por la formación reticular pontina paramediana.

En el ser humano se han llegado a medir movimientos sacádicos extremadamente rápidos (de hasta 1000 grados/s).

Posteriormente, el músculo se fija en la nueva posición mediante una descarga tónica denominada "paso", realizada tanto sobre músculos agonistas como sinergistas. La inervación de este pulso-paso procede fundamentalmente de neuronas tipo ráfaga-tónicas.

La coordinación de los pulsos y los pasos de manera alterna y continuada origina los movimientos sacádicos. Se supone que existe una programación previa de dichos movimientos, pues no existe tiempo para que la retroalimentación visual se produzca. Parece ser que el cerebelo regula la intensidad del pulso y el flóculo controla la coordinación pulso-paso.

A través de los movimientos sacádicos los ojos realizan varias funciones:

- Comprobación de datos. Se realiza a través de sacudidas producidas con intervalos mínimos de 150 a 200 ms. De esta forma, se realiza una comprobación, de tipo intermitente, de la zona próxima a la fóvea ($0,3^\circ$) para detectar un posible error retineano.
- Seguimiento Fino. Se da en animales con fóvea y permite el seguimiento de un objeto, sólo con los ojos, a medida que se mueve en el espacio. La velocidad del ojo se iguala a la del objetivo tras un período de latencia de 130 ms.
- Nistagmo optocinético. Cuando al ojo se le presenta una serie de objetos en movimiento, sigue uno solo mediante un movimiento lento de los ojos (movimiento de compensación) para, posteriormente, realizar una sacudida rápida en la dirección opuesta (movimiento de anticompensación). Es un reflejo que requiere aprendizaje previo y depende de la atención que el sujeto preste en cada momento.

3.3.1.2.2. REFLEJOS VESTÍBULO-OCULARES.

Permiten conseguir mantener la mirada fija en un objeto o un punto del espacio durante la rotación de la cabeza. El sistema de control de estos movimientos está localizado en el oído interno, que tiene varias estructuras especializadas en esta función:

- El canal semicircular: Detecta el movimiento de la cabeza y envía impulsos de manera proporcional a la velocidad angular del movimiento.
- El utrículo y el sáculo: Responden a la aceleración rectilínea y gobiernan el tono postural con respecto a la posición de la cabeza.

La fijación óptica tiende a reducir el nistagmo vestibular, mientras que la ausencia de luz, o las lentes positivas de alta graduación lo exageran.

3.3.1.2.3. SEGUIMIENTOS OCULARES.

Rara vez se producen movimientos oculares de más de 15°, por lo que la coordinación cabeza-ojo se hace imprescindible para dirigir la mirada a puntos muy excéntricos al campo visual. Para realizar una correcta fijación foveal del objeto en presencia de movimientos cefálicos, se debe suprimir el reflejo vestibulo-ocular.

El movimiento ocular suele preceder al movimiento de la cabeza, quizás por la diferencia de masa entre el ojo y la cabeza.

3.3.1.3. EL SISTEMA VESTIBULAR.

El Sistema Vestibular se encuentra localizado en el oído interno y está compuesto por el utrículo y el sáculo y los conductos semicirculares. Su función es sentir las fuerzas de aceleración tanto lineales, a través del utrículo y el sáculo, como rotatorias, por medio de los conductos semicirculares.

3.3.1.3.1. LOS CONDUCTOS SEMICIRCULARES.

Son tres bucles dispuestos en distintos ejes del espacio. Dos de ellos son horizontales (uno anterior y otro posterior) y forman un ángulo de 45° con el plano medial antero-posterior. El tercero está en el plano horizontal.

Los tres extremos acaban en el utrículo y originan una ampolla con una cresta de células ciliares que tienen funciones receptoras.

Los conductos semicirculares pueden llegar a detectar rotaciones incluso de una décima de grado por segundo al cuadrado (Palmisciano, 1994). Para detectar dichas rotaciones, los conductos semicirculares se basan en el principio de la brújula de inercia. En el interior de los conductos semicirculares hay una sustancia denominada endolinfa. Frente a un giro de la cabeza, y debido a las fuerzas de inercia, la endolinfa activa una serie de células ciliadas en sentido contrario a la rotación. La peculiar orientación en los distintos planos del espacio de los conductos semicirculares de ambos oídos hace que se tenga información muy precisa de en qué dirección se está moviendo la cabeza. Cuando el movimiento de la cabeza se frena, la endolinfa sigue girando y se producen sensaciones de giro en el sentido contrario que pueden durar hasta 10 ó 20 segundos.

Los conductos semicirculares tienen una función predictiva de la mayor parte de los movimientos rápidos del cuerpo.

3.3.1.3.2. EL UTRÍCULO Y EL SÁCULO.

El utrículo está situado en posición horizontal en la parte postero-superior del vestíbulo, en el oído interno. En su superficie interna está la mácula que contiene células de sustentación y ciliadas, inmersas en una sustancia gelatinosa, que contiene diminutas concreciones calcáreas de carbonato cálcico denominadas otolitos, que son las responsables de activar las células ciliadas para detectar la posición de la cabeza y las aceleraciones lineales.

El sáculo está situado en la parte más baja del hueco anterior del vestíbulo, se comunica con el conducto coclear y también con el utrículo. Contiene una mácula similar a la del utrículo, cuya función es menos conocida, y se cree que está relacionada más bien con el conducto coclear que con el aparato vestibular (De Coursey, 1974).

El utrículo y el sáculo son sensibles a los estímulos gravitatorios relativos a la posición de la cabeza en el espacio y a su aceleración lineal. Proporcionan información sobre la posición del cuerpo en el espacio de manera independiente a la información visual. De esta forma, podemos saber la posición en la que nos encontramos, aunque tengamos los ojos cerrados.

3.3.1.4. LOS MOVIMIENTOS SACÁDICOS O NISTAGMUS.

Si giramos a una persona en una silla giratoria hacia la derecha, se desencadenan movimientos oculares involuntarios en sentido opuesto al giro (izquierda). Los ojos tienden a fijarse en un punto, llegando hasta la posición extrema de la órbita. Cuando ya no pueden ir más allá, realizan un movimiento ocular rápido en dirección a la rotación (derecha), se elige un nuevo punto de fijación y se inicia otro movimiento en dirección opuesta al eje de giro. Estos movimientos oculares se denominan nistagmus y tienen carácter reflejo con una procedencia vestibular.

Dichos movimientos oculares nos permiten mantener la imagen fija en un punto cuando movemos la cabeza. Si la rotación es continuada y uniforme, estos movimientos desaparecen, pues la endolinfa y los conductos semicirculares laterales no experimentan movimientos relativos. Si detenemos a la persona tras un período largo de rotación, se producirán movimientos de los ojos lentos hacia la derecha y recuperaciones rápidas hacia la izquierda. Esto es así, pues la endolinfa sigue moviéndose por la fuerza de inercia y se conoce como nistagmo post-rotatorio.

3.3.1.5. LA FORMACIÓN RETICULAR.

La formación reticular es un conjunto de neuronas difusas dentro del tallo cerebral, que es una extensión compleja de la médula espinal. El tallo cerebral reúne gran número de

circuitos neuronales que controlan, entre otras funciones reflejas, ciertos movimientos corporales, aspectos del equilibrio y la marcha (Guyton, 1992).

La formación reticular contiene neuronas motoras y sensoriales y en función de los impulsos aferentes que le lleguen por parte del cerebelo, núcleos vestibulares o corteza cerebral puede, por ejemplo, incrementar o disminuir el tono muscular. Esto nos permite mantener la postura frente a la acción de la gravedad; sin embargo, es el aparato vestibular el que controla el grado relativo de contracción de los músculos para mantener la postura correcta.

Muchos reflejos posturales mediados por el sistema vestibular pueden originarse debido a los estímulos visuales. Los reflejos visuales nos informan sobre la posición de la cabeza en el espacio, contribuyendo al mantenimiento de la postura. Su información se basa en el mundo visual que nos rodea; en especial, en los elementos verticales y horizontales que son tomados como marcos de referencia.

El sistema visual interviene en el reflejo visual de enderezamiento, que tiende a mantener erguida la cabeza. Cuando todo el campo visual se mueve, se informa al sistema nervioso de que la cabeza se mueve, por ejemplo. Cuando estamos en un tren detenido en una estación y en la vía opuesta comienza a moverse otro tren, tenemos la sensación de que somos nosotros los que nos movemos. Salvo en estas circunstancias, en la mayoría de las ocasiones, el desplazamiento de las imágenes del campo visual coincide con el movimiento de la cabeza y con la información que envían los conductos semicirculares, las cuales se complementan.

Cuando nos desequilibramos, lo primero que tratamos de conseguir es que el eje ocular se sitúe horizontalmente al espacio que le rodea. El ojo da la auténtica información para que las extremidades y el tronco sean conducidos de nuevo a la posición normal.

3.3.1.6. LOS PROPIOCEPTORES ARTICULARES.

El analizador vestibular nos informa acerca de la posición de la cabeza. Sólo después de una comparación con la condición de las articulaciones o de los músculos del cuello, es

posible la formación de una imagen, aún inconsciente, de la posición del cuerpo en el espacio (Palmisciano, 1994). Esta información es proporcionada por los receptores de las articulaciones de las primeras vértebras cervicales, en especial la occipitoatloidea y la atloaxoidea (Houssay, 1989).

Otro ejemplo de propiocepción son los mecanorreceptores plantares, situados principalmente en el talón. Frente a una presión (la caída tras un salto, por ejemplo) activan los extensores del tobillo y frente a una pérdida de presión (desequilibrio hacia delante, por ejemplo) activan los flexores de los tobillos.

3.3.1.7. EL PAPEL INTEGRADOR DEL CEREBELO.

El cerebelo es el centro integrador de las informaciones vestibulares con las táctiles, no sólo para el mantenimiento y el control del tono muscular, de la posición y del equilibrio, sino también para la regulación de movimientos voluntarios, y actúa en colaboración con la corteza cerebral. El cerebelo, gracias a las aferencias propioceptivas, conoce las posiciones del cuerpo para guiar los movimientos y decide si los movimientos son viables y si se efectúan o no.

En la corteza del cerebelo se almacenan las imágenes de las actividades motrices y la información elaborada es enviada al cerebro, que corrige los movimientos y posiciones que no estén en sintonía con el esquema estándar (Palmisciano, 1994).

3.3.2. SISTEMAS IMAGEN-RETINA Y OJO-CABEZA.

Se consideran, de manera general, dos grandes Sistemas de Detección de Movimiento (Montagne, Laurent y Ripoll, 1993):

- Sistema Imagen-Retina.
- Sistema Ojo-Cabeza.

3.3.2.2. SISTEMA IMAGEN-RETINA (I-R).

Los ojos permanecen sin movimiento y la imagen se mueve a través de la retina inmóvil. Proporciona información sobre la velocidad de movimiento del objeto a través de los receptores periféricos de la retina (bastones fundamentalmente), los cuales son particularmente sensibles a este tipo de información.

3.3.2.3. SISTEMA OJO-CABEZA (E-H).

Los ojos y/o la cabeza se mueven de tal forma que la imagen del objeto en movimiento se mantiene estacionaria en la fovea. Este sistema es apropiado para localizar un objeto en un marco de referencia egocéntrico, pues implica el uso de feedback propioceptivo procedente de músculos extraoculares y del cuello. También se puede utilizar para calcular la velocidad con la que se mueve un objeto.

3.3.2.4. UTILIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DETECCIÓN DE MOVIMIENTO.

El tipo de Sistema de Detección de Movimiento (MDS) utilizado está en función de dónde fija la vista el sujeto (Montagne et al., 1993), y determinará el tipo de información visual recibida del objeto en movimiento. El rendimiento del MDS está relacionado con el Tiempo de Recogida de Información (IPT = Information Pick-up Time).

Estudios experimentales de Sharp y Whiting (Montagne et al., 1993) demostraron que:

+ **Hasta IPT iguales a 245 ms**, la información es obtenida por el sistema I-R y el rendimiento de los sujetos mejora gradualmente

+ **Con IPT por encima de 245 ms**, la cantidad de información recogida por el sistema I-R no aumenta más.

+ **Con IPT entre 245 y 346 ms**, hay una fase de transición en la que progresivamente el sistema ojo-cabeza (E-H) va entrando en funcionamiento. Los niveles de rendimiento se mantienen constantes.

+ **Con IPT superiores a 365 ms**, la información se capta por el sistema E-H. Los niveles de rendimiento mejoran de nuevo hasta IPT iguales a 445 ms.

+ **Con IPT superiores a 445 ms**, no se recoge más información por el sistema E-H. Los niveles de rendimiento se mantienen constantes.

Por lo tanto, el sistema I-R es más efectivo en movimientos rápidos (IPT hasta 245 ms) y el sistema E-H en movimientos un poco más lentos (IPT desde 245 a 445 ms). Sin embargo, esto no quiere decir que todos los sujetos utilicen siempre el sistema de detección de movimiento más efectivo para cada situación.

Se pueden ver esquematizados en la Tabla III los sistemas de movimiento utilizados según las distintas restricciones temporales:

	Sistema Imagen-Retina	Sistema Cabeza-Ojo
IPT > 245 ms	↑ Progresivamente	No Activo
IPT = 245 ms	Máximo Rendimiento	No Activo
245 > IPT > 365 ms	Fase de Transición. Activación en función del tiempo de recogida de información.	
365 > IPT > 445 ms	↓ Progresivamente	Aumento Progresivo
IPT = 445 ms	Casi nulo	Máximo Rendimiento

Tabla III: Importancia relativa de los distintos Sistema de Detección de movimiento con distintas restricciones temporales.

Sobre esta base, se realizaron una serie de diseños experimentales en los que se estudiaban la utilización de los distintos MDS en tareas de recepción e intercepción de pelotas de ping-pong con diferentes restricciones temporales (Montagne et al., 1993). Se vio que, con IPT correspondientes a la fase de transición, el sistema E-H es tan efectivo como el I-R. El

individuo adopta espontáneamente el MDS más eficiente de los dos según la disponibilidad de tiempo. Sin embargo, hay diferencias individuales en la forma de aplicar el sistema E-H, utilizando en mayor o menor medida el seguimiento con los ojos, con la cabeza, o con los ojos y la cabeza a la vez, según el tiempo de que se disponga.

Por eso, al contrario de lo que tradicionalmente se piensa en los deportes de pelota (Runniger, 1980; Ripoll y Fleurance, 1988), mantener la mirada fija en el balón no es siempre la mejor estrategia, todo depende del tiempo que dure la tarea, o sea, de la velocidad del balón y la distancia de donde proceda. Si la velocidad de desplazamiento es grande y la distancia corta, será mucho mejor fijar la mirada en un punto y que la imagen del balón recorra la retina con el ojo fijo. Esto se puede ver en los jugadores expertos de tenis, que no tratan de seguir la trayectoria de la bola, sino que se fijan en otras claves como la posición de los hombros, el brazo y la raqueta antes del saque, para acabar fijándose en la pelota justo en el momento del golpeo (Bard, Fleury y Goulet, 1994). Posteriormente, ajustan la colocación, el momento y la intensidad del golpeo a la trayectoria de la bola sin seguir la bola con la mirada y utilizando principalmente la información de la retina periférica.

3.4. "TAU" COMO MECANISMO DE PERCEPCIÓN DEL MOVIMIENTO.

La variable "tau" está definida como "la inversa de la tasa relativa de dilatación del contorno óptico cerrado generado en la retina por la bola que se aproxima" (Lee, 1976, en Savelsbergh y Bootsma, 1994). Nos da información temporal sobre objetos durante movimientos de aproximación y alejamiento. La imagen retineana de un objeto, por ejemplo, una pelota que se mueve hacia el sujeto se agranda progresivamente con una tasa de expansión que está en función de la velocidad a la que se aproxima.

"Tau" permite que el jugador perciba el tiempo que falta para que llegue a él la bola, y de esta forma iniciar la acción de prensión en el momento adecuado. Este ajuste percepción-acción podría estar generado por la experiencia repetida (Tyldesley y Whiting, 1975, en Savelsbergh y Bootsma, 1994). El jugador espera a que el valor de "tau" alcance un determinado valor, el cual servirá como señal de inicio del golpeo o el atrape.

Se realizaron experimentos en los que se utilizaron bolas fosforescentes sujetas a un péndulo en una habitación oscura. Una de ellas era de 7,5 cm de diámetro, otra de 5,5 cm y otra de diámetro variable entre 7,5 y 5,5 cm. Los resultados con la bola que se deshinflaba eran peores. Al no tener tamaño constante, no se podía estimar la tasa de dilatación relativa según se aproximaba la bola y, por lo tanto, no se podía usar "tau" como estimación del tiempo para el contacto. (Savelsbergh, Whiting, Pijpers y Van Santvoord, 1993).

Existen muchos trabajos en los que se pone de manifiesto la importancia de "tau" en el control del movimiento, tanto en deportes como el salto de longitud y el esquí (Lee, Lishman y Thomson, 1982), como en tareas de anticipación coincidente con acciones de atrape y golpeo de pelotas (Lee, Young, Reddish, Lough y Clayton, 1983). Estas investigaciones han demostrado que el sujeto es capaz de recoger información directamente de los objetos en el espacio (la tabla de longitud, las irregularidades del terreno o la pelota en vuelo) a la vez que realiza la acción.

Muchos deportes requieren un elevado grado de coordinación espacio-temporal. Los deportistas necesitan saber cuánto tiempo les queda para el contacto con el objeto y, de esta forma, ajustar su acción temporalmente a ese evento. Esta información parece estar determinada, bien por computación de la relación distancia-velocidad, o por la percepción del flujo de información que incide sobre la retina (método del flujo óptico) (McLeod y Ross, 1983).

Pero no todos los investigadores están de acuerdo con la idea de que esta variable "tau" sustituya a los procesos computacionales para predecir el "tiempo para el contacto" con el objeto. Aunque se utilicen situaciones de la vida real, como el salto de longitud (Lee et al., 1982) o golpear una bola que cae (Lee et al., 1983), es casi imposible demostrar que los sistemas perceptivos funcionen así en realidad. En estas tareas se podría estimar el tiempo para el contacto de la bola tanto por métodos directos como computacionales. Por esa razón, se consideró apropiado comenzar una línea de investigación que consistía en manipular el acceso al campo visual en tareas de la vida real.

Un grupo de investigadores encabezados por Laurent (1989) limitaron el campo visual de varios jinetes a 15° mientras realizaban saltos de obstáculos. De esta forma pretendían

suprimir la información sobre la velocidad procedente de la retina periférica. No se encontraron diferencias significativas en el resultado a la hora de guiar al caballo, por lo que se apuntó que no se necesitaba la información ambiente para guiar al caballo en el salto, sino que era suficiente con la información de la tasa de expansión de la imagen retineana. Sin embargo, estos resultados fueron interpretados de otra forma: Se podría considerar que la información de la retina periférica era prescindible, pero no se podría afirmar que no se utilizara en condiciones normales.

En otro estudio (Bardy y Laurent, 1989) se suprimió la visión central de corredores dirigiéndose a un obstáculo situado a 30 m de distancia. La supresión de la visión central varió significativamente la velocidad de aproximación y la distancia de frenado. Más importante fue el hecho de que cuanto mayor era la limitación del campo visual periférico, peores fueron los resultados. Esto apoyaba la teoría de que la información recogida por la retina periférica parece ser utilizada para estimar el "tiempo para el contacto" con el objeto, lo cual parece estar en contradicción con los estudios del grupo de trabajo de Laurent (1989).

Finalmente, otro estudio demostró que la supresión de información binocular afecta a claves sobre la profundidad como la disparidad y la convergencia, y disminuye la capacidad de percibir el "tiempo para el contacto" (Cavallo y Laurent, 1988). Además, en el mismo estudio, se observó que la oclusión de la visión periférica repercutía más en los conductores noveles. Esto indicaría una estrategia diferente a la hora de juzgar el tiempo para el contacto entre conductores expertos e inexpertos. Estos resultados siguen apoyando las teorías computacionales frente a las de percepción directa.

Aunque los resultados de estos últimos estudios no apoyen la hipótesis de "tau" como variable para percibir el "tiempo para el contacto", existe una hipótesis que propone que la variable óptica "tau" puede ser utilizada simultáneamente con otros procesos computacionales. La variable "tau" sería utilizada, especialmente, en los casos en que la información sobre la velocidad y la distancia no sea fundamental (Laurent et al., 1989). Sin embargo, cuando la situación requiere un gran nivel de precisión, se usarían más los procesos computacionales basados en el juicio de la velocidad y distancia del objeto (Cavallo y Laurent, 1988). McLeod y Ross (1983) también sugieren la simultaneidad de ambos métodos de percepción y que "tau" se utilizaría principalmente justo antes del contacto,

mientras que la estimación computacional podría ser importante en las primeras etapas de la tarea, cuando se dispone de tiempo para utilizar eficientemente la información sobre la distancia y la velocidad.

3.5. TIEMPO DE REACCIÓN VISUAL Y TIEMPO MOTOR.

3.5.1. TIEMPO DE REACCIÓN VISUAL.

En el ámbito experimental, el tiempo de reacción se define como el “tiempo que transcurre entre el inicio del estímulo elicitor y el inicio de la respuesta solicitada por el sujeto” (Roca, 1983).

Se puede diferenciar entre el tiempo de reacción simple (de un segmento corporal) y el tiempo de reacción de todo el cuerpo, aunque en ambos casos intervenga simultáneamente todo el organismo.

Se puede medir el tiempo de reacción a cualquier tipo de sensación, aunque las más estudiadas son el tiempo de reacción visual y el auditivo.

Dentro del tiempo de reacción visual podemos diferenciar dos partes (Botwinick y Thompson, 1966):

1ª. La Fase Premotora, que es el tiempo transcurrido entre el estímulo elicitor y el inicio de la respuesta miográfica que informa al músculo para su contracción. Utilizando técnicas de registro de potenciales evocados en la zona visual del cerebro, la fase premotora se ha dividido en tres períodos:

- Tiempo de Recepción, es el tiempo que media entre la recepción del estímulo elicitor hasta su llegada al córtex.
- Tiempo de Integración Optomotora, que va desde la recepción en el córtex hasta la salida de la onda del mismo.

- Tiempo de Transmisión Motora, que es el tiempo que tarda en llegar el impulso al músculo indicado.

2ª. Fase Motora, que corresponde al tiempo restante, desde el inicio de la respuesta miográfica hasta la finalización del acto requerido en cada caso. Es un tiempo casi despreciable en las situaciones experimentales, pues se considera casi constante para todos los sujetos.

Barlett (1963), obtuvo períodos claramente identificables dentro de la fase motora:

- Tiempo de Excitación Muscular (o de activación), es el tiempo que tarda en activarse el músculo antes de producirse la contracción muscular.
- Tiempo de Movimiento, necesario para realizar la acción, como por ejemplo, apretar o soltar un pulsador.

El tiempo de reacción puede verse alterado por tres tipos de factores (Roca, 1983):

1º. - El ambiente físico: Influyen positivamente una mayor intensidad del estímulo y la existencia de varios estímulos de manera simultánea (sumación). También influye la situación del estímulo respecto al órgano receptor.

2º. El estado de los órganos receptores y reactivos: El estímulo frente al cual se reacciona más rápidamente es el auditivo (8-9 milésimas de segundo), después vienen el tacto, la visión (20-30 décimas), el dolor, el gusto y, por último, el olfato (Roca, 1983).

Influyen también la edad, el sexo y la fatiga (Welford, 1980), el consumo de alcohol, que hace disminuir el tiempo de reacción (MacCarthy y Tong, 1980), la personalidad del individuo (Brebner, 1980) y su estado de salud.

3º. El Medio Social: Factores como la competición, el refuerzo o el conocimiento de los resultados (Church y Camp, 1965), influyen positivamente en el tiempo de reacción al implicar una mayor motivación en la tarea.

En procesos experimentales, hay que tener en cuenta que el sujeto no debe saber cuándo va a producirse el estímulo pues, de lo contrario, se producirían respuestas anticipadas. El sujeto debe recibir una señal de alerta después de la cual, tras un período de tiempo de duración variable y aleatorio, se producirá el estímulo. Esta señal puede tener muy distintas naturalezas, (verbal por parte del investigador, visual, auditiva...). Sería el equivalente al "listos" previo a la salida de velocidad. El tiempo entre la señal de alerta y el estímulo se conoce como anteperíodo, el cual debe ser variable para que un registro del tiempo de reacción simple esté correctamente realizado; de otra forma, el sujeto aprendería la duración de dicho anteperíodo y realizaría respuestas anticipadas.

3.5.2. TIEMPO MOTOR Y RESPUESTA DE REACCIÓN.

Los conceptos de tiempo motor y respuesta de reacción están ligados al tiempo de reacción. Si se le añade al aparato de medición del tiempo de reacción simple otro cronómetro, el tiempo que transcurre entre soltar un botón y apretar el otro sería el tiempo motor empleado para realizar la acción requerida. Este tiempo motor ya no es despreciable como lo era el correspondiente a la acción de presionar un pulsador.

El tiempo motor está muy influenciado por factores como el calentamiento, la fatiga, el nivel de práctica, la experiencia en realizar el movimiento, el segmento con que se realice el movimiento, el tipo de tarea y la tensión previa (Botwinick y Thompson, 1967).

El tiempo total medido por el segundo cronómetro se denomina respuesta de reacción. La respuesta de reacción es la suma del tiempo de reacción más el tiempo motor o de movimiento. Se puede ver un esquema de los distintos tiempos o fases de la respuesta de reacción en la Figura 19.

3.5.3. TIEMPO DE REACCIÓN ELECTIVA.

Dentro de los estudios de elección o selección de respuestas existen dos grandes bloques (Roca, 1983):

1º. Estudios sobre Discriminación. Fundamentalmente de tres tipos (Vickers, 1980):

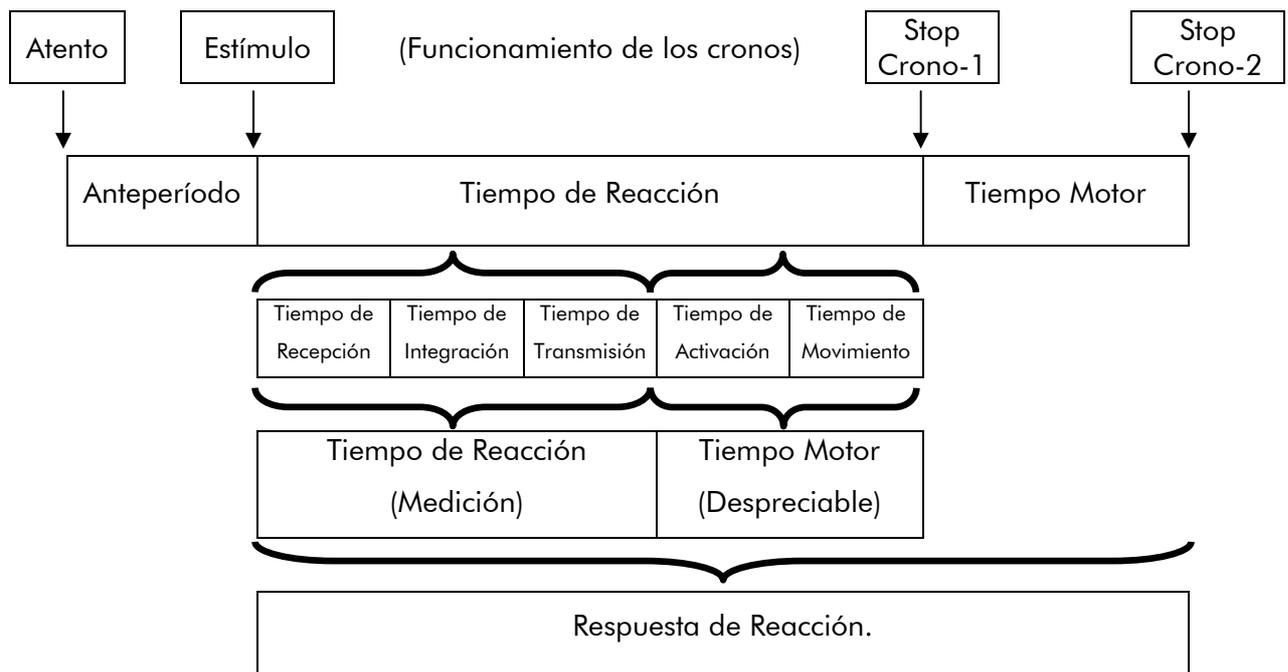


Figura 19: Esquema de las distintas fases de la Respuesta de Reacción.

- Comparación de las reacciones a estímulos variables respecto a uno que permanece constante. La respuesta debe estar regulada en intensidad para ajustarse a la intensidad del estímulo.
- Presentación simultánea o sucesiva de dos estímulos, uno de ellos constante y el otro variable. Las posibilidades de respuesta y sus modos permanecen constantes.
- El sujeto tiene que discriminar entre grupos de estímulos basándose en un criterio subjetivo.

En todos los casos se vio que, según aumentaba la dificultad de discriminación, aumentaba también el tiempo de discriminación.

2º. Estudios sobre Elección. Las tendencias de estos estudios son las siguientes:

- Existen diferentes señales y cada una de ellas está relacionada con un tipo de respuesta. Es el verdadero tiempo de reacción electiva, pues existe incertidumbre

temporal (ya que no se sabe cuándo aparecerá el estímulo) e incertidumbre modal (puesto que no se sabe qué estímulo aparecerá).

- Existe una respuesta única a un estímulo que se confunde con otros similares. En este grupo de trabajos se intentan estudiar los procesos de discriminación del estímulo.

De todas las investigaciones se pueden sacar las siguientes conclusiones (Roca, 1983):

- No se puede asegurar, pues existen resultados contradictorios en distintas investigaciones, que el número de estímulos entre los que decidir aumente el tiempo de reacción. Estas discrepancias, parecen surgir por las diferencias entre métodos de trabajo.
- El tiempo de reacción se reduce cuanto más sencilla sea la respuesta o más práctica se tenga con ella. La familiaridad con el test también mejora los resultados en el mismo.
- También influyen en los resultados factores como la secuencia de presentación de los estímulos, los errores cometidos, la situación competitiva, los estados del organismo, las fluctuaciones de la atención, las expectativas, la edad, el sexo y los estados patológicos.

3.5.4. ANTICIPACIÓN.

Si el anteperíodo se mantiene constante, estamos ante un estudio de la capacidad de anticipación. En este caso, se trata de adivinar cuándo se producirá el estímulo para reaccionar lo más rápidamente posible (Kerr, 1979).

Los valores de tiempo de reacción inferiores a 100 ó 150 milésimas de segundo, dependiendo del tipo de sensación que se evalúe, se consideran respuestas anticipadas. Por otro lado, se consideran bloqueos los valores excesivamente altos originados por pérdidas de atención momentáneas al realizar la prueba.

3.5.5. ANTICIPACIÓN COINCIDENTE O INTERCEPCIÓN.

La diferencia fundamental entre la anticipación coincidente y los conceptos anteriores (tiempo de reacción, tiempo de reacción electiva y anticipación) es que el estímulo no es fijo y no se manifiesta súbitamente, sino que perdura y es móvil o variable en el tiempo, y debemos adaptar nuestra respuesta a ese movimiento. Un ejemplo de intercepción sería parar con la planta del pie un balón que se dirige hacia nosotros.

Es importante diferenciar entre una tarea de intercepción y una de rastreo:

- En las tareas de rastreo, lo importante es la ejecución de la tarea de forma continuada, no el seguimiento visual del objeto. No son importantes los períodos de latencia ni la anticipación. Un ejemplo sería seguir con un puntero un punto situado en una superficie rotatoria.
- En las tareas de intercepción, la respuesta solicitada es discreta, no continua. Un ejemplo sería indicar con el puntero sólo en el punto en el que el objeto pasa por la parte superior de la trayectoria (Andreas, 1978). En estos casos se pueden estudiar períodos de latencia en la respuesta.

Los estudios sobre intercepción se han encaminado en las siguientes direcciones:

- La búsqueda de diferencias individuales en la agudeza visual dinámica y su influencia en la anticipación (Sanderson, 1981).
- La influencia de la experiencia previa en situaciones de intercepción (Wade, 1980).
- Las fases del movimiento del objeto más importantes para realizar la correcta intercepción. Se ha llegado a la conclusión de que la fase del movimiento más importante es la puesta en movimiento del objeto (Nettlenton, 1979).
- La importancia de la iluminación, el fondo y los períodos de oclusión de la trayectoria (Whiting et al., 1970).

En el deporte y en la vida diaria existen muchas situaciones en las que el individuo debe ajustar sus acciones a las de un móvil anticipándose a la acción. Una de ellas es la percepción de las trayectorias. Las situaciones experimentales suelen utilizar trayectorias uniformes (Whiting, 1969; Whiting y Sharp, 1974; Savelsbergh y Bootsma, 1994). Estas tareas son mucho más sencillas, pues, en las situaciones normales (disparar a un pájaro en el aire, parar un balón un día de viento...), la trayectoria del objeto casi nunca es fija.

4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.

La percepción de las trayectorias se puede ver influenciada por distintos tipos de factores.

4.1. TRAYECTORIAS DE LA PELOTA DE FÚTBOL COMO VARIACIÓN DEL TIRO PARABÓLICO.

La idea de que la trayectoria de una pelota en el aire es una parábola sería cierta si no existiera la resistencia del aire. En realidad, la trayectoria de una pelota de fútbol en el aire no es una parábola, sino una curva irregular más abierta en la fase ascendente que en la descendente, con un tiempo de elevación menor que el tiempo de descenso (Dowell, Smith, Thiebaud y Thigpen, 1985).

Otra polémica está en saber cuál es el ángulo de proyección de la pelota para que el alcance sea máximo. En algunos textos se considera que dicho ángulo es 45° cuando el lanzamiento se realiza desde la línea del suelo (altura inicial igual a 0) y el suelo es completamente horizontal (Hay, 1978; Hay y Reig, 1982). Sin embargo, se ha demostrado que el ángulo del lanzamiento ideal de una pelota ronda los 30° (Dowell, 1978; Colfer y Dowell, 1980), siempre y cuando ésta no lleve giro (Erichson, 1983)

El alcance de una bola en condiciones de vacío es determinado por la fórmula de una parábola (Brancazio, 1981):

$$R = V^2 \sin 2\theta / g$$

, donde "R" es el alcance horizontal, "V" la velocidad inicial, "θ" el ángulo de proyección, "g" la aceleración de la gravedad.

Es un error común afirmar que el rozamiento del aire es despreciable a la hora de determinar el alcance de una pelota. Al despreciar la fuerza de rozamiento del aire, se considera que el balón cae a la misma velocidad con la que sube, que el tiempo de subida es el mismo de bajada y que la velocidad inicial es igual a la velocidad final. Sin embargo, la fuerza de rozamiento del aire tiene un efecto significativo en la trayectoria de una pelota. Cuanto más dure la trayectoria de la pelota, mayor será el efecto del rozamiento (Brancazio, 1981); de la misma forma, cuanto menor es la velocidad de la pelota, mayor será también el efecto de la fuerza de rozamiento del aire sobre la pelota (Erlichson, 1983).

Dowell y sus colegas (1985) estudiaron, por medio de un examen cinematográfico, las trayectorias de cuatro pelotas de diferentes tamaños lanzadas sin efecto. Los resultados medios obtenidos fueron:

- En el tramo de ascensión, la distancia media era el 56,8% del alcance máximo y, en el tramo del descenso, el alcance era el 43,2% del alcance máximo.
- En el tramo de ascensión, el tiempo medio de la trayectoria de ascensión era el 45% del tiempo total de la trayectoria, y, en el tramo de descenso, el tiempo medio fue el 45% del tiempo total de la trayectoria.
- El ángulo medio de salida respecto a la horizontal era de 31,1°, mientras que el ángulo de caída era de 43,4°.

Es curioso que aunque el alcance de la bola es mayor en el tramo de ascensión, ese recorrido se hace de una forma más rápida. Esto podría ser debido a que la resistencia del aire causa un efecto drástico en la trayectoria de la pelota (Dowell et al., 1985).

4.2. EFECTO MAGNUS.

En un lanzamiento sin giro, la fuerza de rozamiento del aire es proporcional a la velocidad del lanzamiento (Erlichson, 1983). Sin embargo, cuando a la bola se le aplica un giro en cualquiera de sus ejes, se produce una fuerza adicional que modifica su trayectoria. Dicha alteración de la trayectoria se produce porque la resistencia del aire en uno de los lados de la bola es mayor que en el lado opuesto, debido al giro de la bola (Figura 20) (Stepanek, 1988).

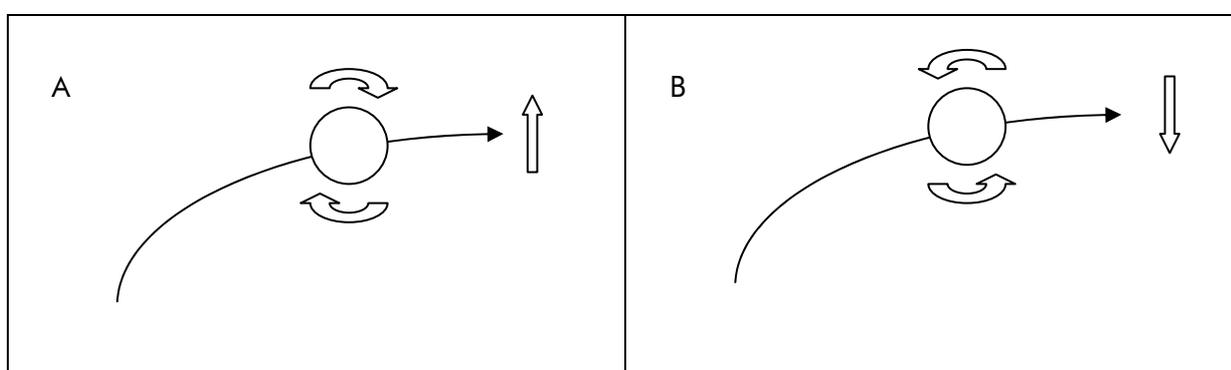


Figura 20: Efecto del giro de la pelota durante la trayectoria en el aire (Efecto Magnus). A = La velocidad de giro hace que haya más presión en la parte inferior de la bola y aumenta el alcance del tiro (Bola "liftada"). B = La velocidad de giro hace que haya más presión en la parte superior de la bola y disminuya el alcance del tiro (Bola "cortada" o "golpe de dejada").

Este efecto inducido a la pelota por el giro de la misma se conoce como el efecto Magnus (Kerighbaum y Barthels, 1985) y puede hacer que la pelota se eleve, descienda, o se desvíe lateralmente respecto a la trayectoria que llevaría si no llevase ningún tipo de giro.

El efecto Magnus hace que el ángulo óptimo de lanzamiento de una bola se modifique en función del giro que se le dé en el momento del golpeo. Así por ejemplo, el ángulo óptimo para que una pelota de golf tenga un alcance máximo puede llegar a ser de 9° a 17° (Erlichson, 1983), en lugar de los 45° en el caso de producirse en el vacío, o los 30° si se tiene en cuenta la fuerza de rozamiento en un lanzamiento sin giro.

El efecto Magnus también es el responsable de que se puedan materializar los llamados “goles olímpicos”, en los que se marca gol directamente desde un saque de esquina (Hammond, 1993).

4.3. OTROS FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.

Existen otros factores que pueden modificar la percepción de las trayectorias del individuo, bien por influir en la trayectoria de la bola, o por afectar la cantidad y calidad de la información recibida por el sujeto. Se han agrupado en:

- Condiciones ambientales.
- Características de la pelota.
- La actitud del sujeto durante la acción.

4.3.1. CONDICIONES AMBIENTALES.

Las condiciones ambientales que influyen en la capacidad de percibir las trayectorias son las siguientes:

- Cantidad y calidad de iluminación. La eficiencia en acciones que precisan de una buena percepción de las trayectorias, como es el atrape de pelotas, es mayor cuando las condiciones de iluminación son buenas, aunque se pueden obtener buenos resultados cuando la habitación está a oscuras y sólo se dispone de la información de la bola (Rosengren, Pick y Von Hofsten, 1988). En general, la intensidad del estímulo afecta al tiempo de reacción del sujeto (Jones y Wilkinson, 1975) debido a que la cantidad de luz que llega a la retina es mayor y es capaz de estimular un mayor número de células sensoriales.
- Contraste figura-fondo. El tiempo de reacción, en tareas que exigen la percepción visual de pelotas en movimiento, es mejor cuanto mayor es el contraste entre el color de la pelota y el fondo (Ridenour, 1979; Koslow, 1985)

- Sistemas de referencia en el fondo. Se han obtenido peores resultados cuando se incluían marcas de referencia en el fondo, tanto en el atrape de pelotas y otros móviles (Ridenour, 1980; Rosengren et al., 1988; Von Hofsten et al., 1992), como en tareas de intercepción (Lenoir, Musch, Janssens, Thiery y Uyttenhove, 1999a). Por otro lado, existen estudios en la literatura en los que un fondo de líneas verticales inducía un incremento de la velocidad percibida, que llevaba a modificar sus movimientos durante el atrape de pelotas (Montagne y Laurent, 1994; Smeets y Brenner, 1995),
- Información previa al lanzamiento de la bola. Una de las diferencias entre jugadores expertos y noveles, a la hora de percibir las trayectorias, es el punto donde centran su atención. Mientras que los jugadores expertos centran su atención en la zona desde donde va a salir la bola, los noveles dispersan su atención a puntos más alejados como la cabeza del lanzador (Shank y Haywood, 1987). Existen unos puntos clave de fijación que nos pueden aportar información antes del inicio de la trayectoria de la bola. Los jugadores expertos en hockey se centran en el movimiento del "stick" y los jugadores de tenis se fijan en la raqueta y en el brazo que sujeta la raqueta antes de que se realice el golpeo (Bard et al., 1994). En el caso del fútbol, la atención de los jugadores expertos se centra, principalmente, en el hombro, cadera, muslo, pierna y pie del lado correspondiente a la pierna de golpeo, mientras que los jugadores inexpertos realizan fijaciones alternativas a ambos lados perdiendo, de esta manera, información decisiva para la predicción de las trayectorias tras el golpeo (Bekker, Whiting y Van der Brug, 1993).
- Ruidos medio-ambientales. Todo tipo de sonidos en el ambiente (Ruidos auditivos) (O'Malley y Gallas, 1977) e imágenes o destellos que se incluyan en el campo visual (Britton y Delay, 1989), especialmente en movimiento (Ruidos visuales), pueden hacer que el sujeto pierda la atención en ciertas tareas perceptivas y disminuir su eficiencia en las mismas (Smith, 1991).

- Factores físicos y meteorológicos. Mirar al sol, a los focos en instalaciones cubiertas o, simplemente, a superficies muy reflectantes como la nieve o un césped recién regado, pueden producir deslumbramientos que repercuten negativamente en la percepción de las trayectorias (Ryan et al., 1985). Condiciones extremas de humedad (Armstrong, Levendusky, Eck, Spyropoulos y Kugler, 1988), altitud y presión atmosférica influyen en la densidad del aire y, por lo tanto, en la fuerza de rozamiento del aire a lo largo de la trayectoria de la pelota.

4.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PELOTA.

- El Color. Rowe y Evans (1994) obtuvieron una mayor efectividad en la percepción de pelotas de color azul que en otras similares de color amarillo y verde frente a un fondo blanco. Pero, a la hora de percibir las trayectorias, es más importante la diferencia de contraste entre el color de la pelota y el fondo, que únicamente el color de la pelota. Mayores contrastes mejoran el tiempo de reacción visual en el campo periférico (que es el más especializado en la detección del movimiento), así como la percepción de la profundidad (Koslow, 1985).
- El Tamaño de la pelota. Aunque se ha comprobado que existe una relación directa entre el tamaño de la bola y la efectividad en el atrape de la misma en educación infantil y primeros cursos de primaria (Koslow y Payne, 1981; Payne, 1982), el tamaño de la pelota no parece afectar la percepción de las trayectorias de pelotas durante tareas de atrape (Van der Kamp et al., 1997). Sin embargo, si las pelotas son pequeñas y la agudeza visual del sujeto no es muy buena, un tamaño de pelota excesivamente pequeño puede ser un inconveniente para el sujeto a la hora de percibir correctamente la trayectoria de la pelota.
- La Forma. Los balones cosidos acumulan más suciedad que los "termosellados" (Armstrong et al., 1988) y esto influye en el peso y el vuelo del balón en el aire. Por otro lado, un experimento de atrape de pelotas con y sin marcas en su superficie obtuvo como resultados que la existencia de rayas en la superficie de las pelotas no tenía efectos significativos sobre la eficacia en el atrape (Ridenour, 1979).

- La Presión de inflado. Los balones muy inflados adquieren una mayor velocidad que los poco inflados, pues no se transmite en la misma medida el impulso durante el golpeo (Armstrong et al., 1988).

4.3.3. LA ACTITUD DEL SUJETO DURANTE LA ACCIÓN.

La percepción de las trayectorias de pelotas se ve dificultada cuando el sujeto está en movimiento o realizando simultáneamente una acción diferente. En un experimento donde se debían interceptar pelotas que caían por una rampa montado en una bicicleta, los sujetos fallaron en el 85% de los intentos (Lenoir et al., 1999a). El sujeto tiene que dividir su atención entre dos acciones distintas, por lo que disminuye la eficiencia en la tarea.

5. APROXIMACIONES TEÓRICAS AL ESTUDIO DE LA PERCEPCIÓN-ACCIÓN EN EL DEPORTE.

La mayor parte de los estudios sobre la percepción de las trayectorias se han llevado a cabo con tareas de atrape, golpeo o intercepción de pelotas. De esta forma se unía la percepción a la acción, y se extrapolaba la corrección de la percepción de las trayectorias con la eficiencia en la realización de una tarea perceptivo-motriz. Existen dos aproximaciones para entender el binomio percepción-acción en las actividades deportivas en general, y en la percepción de las trayectorias en particular. Una es la ecologista, cuyo máximo exponente es Gibson (Gibson, 1979) y otra es la cognitivista o constructivista. Ambas teorías han estado tradicionalmente enfrentadas.

Mientras los cognitivistas investigan en situaciones estáticas y controladas, los ecologistas se esfuerzan en reflejar “un equilibrio consciente entre validez interna y realismo externo” (Davids, 1988a). Para los ecologistas tiene mucho más sentido estudiar movimientos lo más parecidos posible a los que se llevan a cabo en el mundo real.

Existe una teoría ecologista denominada “Percepción Directa” que critica los diseños de investigación estáticos de los cognitivistas, pues no permiten a los sistemas perceptivos funcionar de la misma forma que en situaciones de la vida real.

Los cognitivistas más puristas opinan que la información del medio es percibida indirectamente y mejorada a través de procesos internos. Los ecologistas piensan que la información puede ser captada directamente por el individuo del "array" óptico, sin la necesidad de procesos cognitivos, gracias a la estrecha relación entre el receptor y el medio ambiente. Los cognitivistas ven el proceso de percepción como una actividad computacional, donde juega un papel fundamental el conocimiento de las estructuras de los movimientos y el contexto medioambiental en los que estos ocurren. Sin embargo, las teorías ecologistas sostienen que la información está siempre disponible para los sistemas sensoriales y, muy especialmente, para el sistema visual.

6.4. LA APROXIMACIÓN INDIRECTA AL ESTUDIO DE ATRAPE DE PELOTAS.

Un ejemplo de esta corriente fueron los estudios de Whiting y alguno de sus colaboradores sobre la visión y el rendimiento en el atrape de pelotas (Whiting et al., 1970; Whiting, 1972; Whiting y Sharp, 1974; Sharp y Whiting, 1974; Whiting et al., 1988; y Savelsbergh y Whiting, 1988)

Los primeros estudios trataron de cuantificar el tiempo mínimo de información visual para que se produjera un correcto ajuste temporal y espacial en el atrape. Sus trabajos reflejan la influencia de dos ideas. La primera, la intermitencia central y, la segunda, la hipótesis de "momento perceptivo" en el procesamiento de la información. La idea de "momento perceptivo" sugiere que la información podría ser procesada en períodos discretos de tiempo que duraran entre 40 y 200 ms. Para ello se utilizaron períodos de luz intermitente para ocluir la trayectoria de la pelota en el aire, la cual debía ser interceptada por los sujetos, en muchos casos expertos practicantes de deportes de pelota.

Los estudios demostraron que los sujetos no necesitaban ver la totalidad del vuelo de la pelota para lanzar y recoger, de manera repetida, una pelota atada a una cuerda. De esta forma, la pelota realizaba una trayectoria pendular de ida y vuelta. Los resultados fueron poco menos que sorprendentes, pues se obtuvieron mejores resultados cuando sólo se disponía de luz durante el período intermedio de la trayectoria que cuando se realizaba la tarea contando con luz en la totalidad de la trayectoria (Whiting, 1968).

Con un dispositivo similar se trató de identificar las fuentes de información de los sujetos con distintos niveles de habilidad. Trataron de comprobar si los sujetos expertos utilizaban distintas fuentes de información que los inexpertos, y en qué momento se realizaba el procesamiento de la información necesario para realizar la tarea de atrape y lanzamiento. La duración del período de iluminación de la pelota se consideró como un reflejo de las necesidades para realizar un correcto procesamiento de la información por parte del individuo (Whiting, 1970). Se dejaba decidir a los sujetos si querían ver el vuelo de la pelota o el momento del atrape. Tras un entrenamiento, se observó que los sujetos preferían ver el vuelo de la bola y que, según iban adquiriendo práctica, necesitaban menos información para ser efectivos en la tarea, puesto que los tiempos de iluminación de la bola iban siendo cada vez menores y se seguía manteniendo la efectividad. Esto les llevó a afirmar que el sujeto aprendía a reconocer la secuencia del vuelo de la pelota gracias a procesos perceptivos y de memoria. Sin embargo, estos experimentos tenían el inconveniente de que se disponía de información propioceptiva procedente del brazo a la hora de lanzar la bola.

Sin embargo, estos trabajos de Whiting y sus colaboradores recibieron muchas críticas por parte de los ecologistas (Williams, 1995):

- Aunque estos hallazgos teóricos puedan ser llevados a la práctica, todos estos experimentos con limitaciones espaciales y temporales del estímulo no son bien vistas por los científicos ecologistas, que abogan por el estudio del comportamiento en situaciones más próximas al mundo real.
- Además, en estos estudios existen grandes diferencias inter-sujetos que podrían deberse a variaciones en el tiempo de reacción visual de los sujetos.
- Los períodos críticos considerados en los diferentes estudios fueron distintos, pues las formas de proyectar la bola fueron diferentes. Por lo tanto, no se pueden comparar los resultados entre unos estudios y otros.
- Los estudios carecen de validez ecológica ya que muchos fueron realizados en condiciones de oscuridad en las que los patrones del movimiento de atrape son distintos. En algunos casos se obtuvieron mejores resultados en el atrape con

restricciones de luz que con iluminación completa (Whiting, 1968). El mismo Whiting reconoció que quizás los sujetos no utilizaran la misma técnica en condiciones de iluminación completa que con restricciones de luz.

- Las situaciones experimentales artificiales creadas en el laboratorio únicamente pueden llevar a comportamientos artificiales de los sujetos. La mejor forma en que la ciencia del ejercicio puede contribuir a la comprensión de la relación entre la percepción y la organización del movimiento, es mediante el establecimiento de tareas cada vez más realistas unidas a elementos de control de laboratorio que no perturben en exceso la tarea (Davids, 1988a).

Otro tipo de estudios de aproximación indirecta son los que presentan proyecciones de distinto tipo a sujetos de distintos niveles de experiencia. Estos estudios han mostrado diferencias relacionadas con el nivel de experiencia en la utilización de claves visuales para anticipar la dirección de la pelota (Abernethy, 1987; Abernethy y Russell, 1987; Williams y Burwitz, 1993), en el reconocimiento y clasificación semántica de situaciones de juego estructuradas (Allard, Graham y Paarsalu, 1980), y en la precisión y eficiencia de tareas de toma de decisión específicas del deporte (Bard y Fleury, 1976; Helsen y Pauwels, 1987).

Se han utilizado técnicas más directas, como el análisis de los movimientos oculares, para analizar las diferencias en la habilidad perceptiva y han mostrado también diferencias en función del nivel de experiencia de los sujetos. El sujeto experto muestra menores fijaciones oculares y de mayor duración, lo que indica una economía en el proceso de seguimiento, y centra su atención en diferentes áreas de la imagen, lo que indica una mejor estrategia de atención selectiva (Bard, Fleury, Carriere y Halle, 1980; Bard y Fleury, 1981; Fleury, Goulet y Bard, 1986). Sin embargo, han aparecido críticas a estos estudios debido al uso de imágenes bidimensionales y a la obtención de resultados a través de respuestas no-ecológicas tales como las respuestas verbales, pulsado de botones o cuestionarios. Esto limita la aplicabilidad de los resultados al establecimiento de diferencias entre expertos y noveles (Davids, 1985).

Williams (1991) apuntó otras debilidades potenciales de la utilización de imágenes dimensionales tales como la reducción del tamaño de la imagen, la exclusión de la visión

binocular y la pérdida de claves auditivas. Además, no se ha demostrado nunca si las condiciones de laboratorio se asemejan en verdad a las de las tareas visuales de la vida real.

Por otro lado, otro tipo de estudios han profundizado en la influencia de las propiedades del sistema visual de los sujetos sobre la percepción visual (Cockerill y Carllington, 1981; Beals, Mayyasi, Templeton y Johnston, 1991). Estos estudios se han centrado en el papel de la visión periférica, la percepción de la profundidad, la agudeza visual y los tiempos de reacción visual en el rendimiento deportivo. Los resultados son bastante contradictorios pues, mientras algunos apoyan la importancia que tiene el buen estado del sistema visual para un buen rendimiento deportivo, otros demuestran la poca capacidad de utilidad predictiva de muchas pruebas de evaluación visual sobre la eficiencia perceptiva del sujeto.

6.5. LA APROXIMACIÓN DIRECTA AL ESTUDIO DE LA PERCEPCIÓN-ACCIÓN EN EL DEPORTE.

A finales de los años 70, los experimentos de laboratorio constructivistas y la interpretación de sus resultados comenzaron a tener detractores. Algunos investigadores comienzan a demandar una base teórica más dinámica y con significado (Tyldesley, 1981). La aproximación ecológica (o "action systems") se apoya en los trabajos de Bernstein (Williams, 1995) sobre el control y la coordinación del movimiento y en los trabajos ecológicos sobre percepción visual de Gibson (1979). Hacen énfasis en el papel esencial de la percepción a la hora de restringir los respectivos grados de libertad y, por lo tanto, en el control y la coordinación de los movimientos. Por lo tanto, la percepción del organismo está gobernada por sus acciones y viceversa.

La teoría de percepción directa deriva de las ideas de Gibson sobre los patrones de flujo óptico. Gibson no admitía la idea constructivista de que la imagen retineana era el comienzo del procesamiento visual (Gibson, 1979). Sugirió que el "array" óptico que llegaba al ojo contenía abundante información sobre el tiempo y el espacio y permitía al sujeto percibir directamente, y sin ambigüedades, las propiedades y distribución de los eventos dentro del medio ambiente.

La aproximación ecológica piensa, a diferencia que los constructivistas, que hay mucha más información potencialmente disponible en la estimulación sensorial de la que generalmente se piensa. Sugieren que la luz que llega al ojo tiene una estructura, la cuál es muy compleja y potencialmente rica en información. Gibson mantenía que el "array" óptico contiene información verídica e invariante (como por ejemplo, gradientes de densidad, de textura, y gradientes de tamaño de imagen), que especifica detalladamente la disposición de los objetos en el espacio. El sistema perceptivo es visto como una caja de resonancia para estas propiedades invariantes del medio ambiente, dando como resultado la captación directa de la información. Por lo tanto, la percepción no necesita ayudarse de representaciones internas o modelos del mundo, porque la estructura de la luz dentro del "array" óptico tiene ya una información suficientemente detallada. Según Gibson (1979), la percepción está completamente determinada por la información del estímulo. La recogida de esta información se ve como "un acto, no una respuesta; un acto de atención, no una impresión desencadenada; un logro, no un reflejo".

Además la teoría de percepción directa discrepa de la aproximación indirecta en el cambio de la información perceptiva a lo largo del tiempo. En contraste con la teoría del momento perceptivo, en la cual se expone que la información del vuelo de una bola es procesada como unidades perceptivas discretas, la aproximación directa defiende que la mayor parte de la información necesaria para interpretar la realidad está en el "array" óptico en forma de patrones temporales y estructuras que están siempre disponibles (por ejemplo, flujo de campos, tasas de cambio, apariciones en el campo visual). En la Figuras 21a y 21b podemos ver resumidas estas dos posturas.

La Figura 21a refleja la teoría del momento perceptivo en la que la información del vuelo de la pelota es procesada en períodos de tiempo discretos. El sujeto procesa centralmente estos momentos, basándose en el conocimiento adquirido previamente, fijándose en la secuencia del vuelo de la pelota para percibir el destino de la bola y ejecutar la acción adecuada.

La Figura 21b representa la aproximación ecológica, donde la información es percibida a lo largo del tiempo de una forma directa. La información no se divide y, por lo

tanto, no es reconstruida por la memoria, sino simplemente captada directamente del "array" óptico.



Figura 21a: Recepción de una pelota según la teoría del momento perceptivo.

Figura 21b: Recepción de la pelota según la teoría ecologista de la percepción directa.

Para la perspectiva ecológica existe una relación entre el sujeto y el medio ambiente que se explica en términos de dos componentes perceptivos: las invariantes y las "affordances".

- Las invariantes son propiedades de alto orden de patrones de estimulación visual que permanecen constantes durante los cambios asociados al sujeto, al medio ambiente, o a ambos. En la percepción de las trayectorias, por ejemplo, serían invariantes las características de la parábola de la pelota y la tasa de expansión de la imagen de la pelota en la retina ("tau").
- Los ecologistas piensan que las "affordances" de estas invariantes son importantes en la percepción y en el guiado de la acción posterior. Las "affordances" son las posibilidades de acción del organismo que percibe las invariantes, o sea, lo que el medio ambiente significa para el sujeto que lo percibe. (Bootsma, 1988). Por ejemplo, el reconocimiento de un patrón defensivo en fútbol conlleva una respuesta motriz específica del atacante, o la detección de una clave de

anticipación del servicio en tenis genera el inicio de un golpe de devolución en particular.

Las invariantes que especifican esas "affordances" son detectadas directamente por el sujeto durante el movimiento. Esto entra en contraposición directa con el constructivismo, que asume que la percepción es el resultado de influencias interactivas de los estímulos presentados y procesos de relación basados en experiencias y acciones pasadas. Por lo tanto, en la aproximación de la percepción directa, un servicio de voleibol a una determinada altura lleva a un toque de antebrazos, mientras que si la trayectoria es más elevada hace al sujeto iniciar el movimiento de toque de dedos. Según Gibson (1979), esta información no es almacenada bajo ninguna forma de código de memoria o representación, sino que está continua y directamente disponible gracias a la riqueza de información contenida dentro del "array" óptico.

Por lo tanto, para los ecologistas, el sujeto no aprende debido al desarrollo de estructuras de memoria durante el entrenamiento, sino que se acostumbra cada vez más a la información invariante del medio ambiente a través de la experiencia directa en situaciones realistas. La recogida de la información se hace cada vez más elaborada y precisa con la experiencia en esa tarea en especial. Aunque Gibson (1979) no niega la existencia de procesos de memoria tales como la reminiscencia, la expectativa o los sueños, sugiere que la memoria no juega un papel esencial en la percepción.

Las diferencias conceptuales entre las aproximaciones directas e indirectas a la percepción se representan en la Figura 22.

6.6. NEISSER, UNA POSTURA INTEGRADORA.

Williams (1995) refleja la teoría de Neisser que intenta reconciliar las posturas enfrentadas de ecologistas y constructivistas. Estaba a favor de la mayoría de los conceptos ecologistas, pero pensaba que la exploración y manipulación del medio ambiente estaba, a veces, guiada por alguna forma de representación mental. Combinaba las nociones de adquisición directa de la información de Gibson con ideas como que la percepción consiste en probar y confirmar hipótesis.

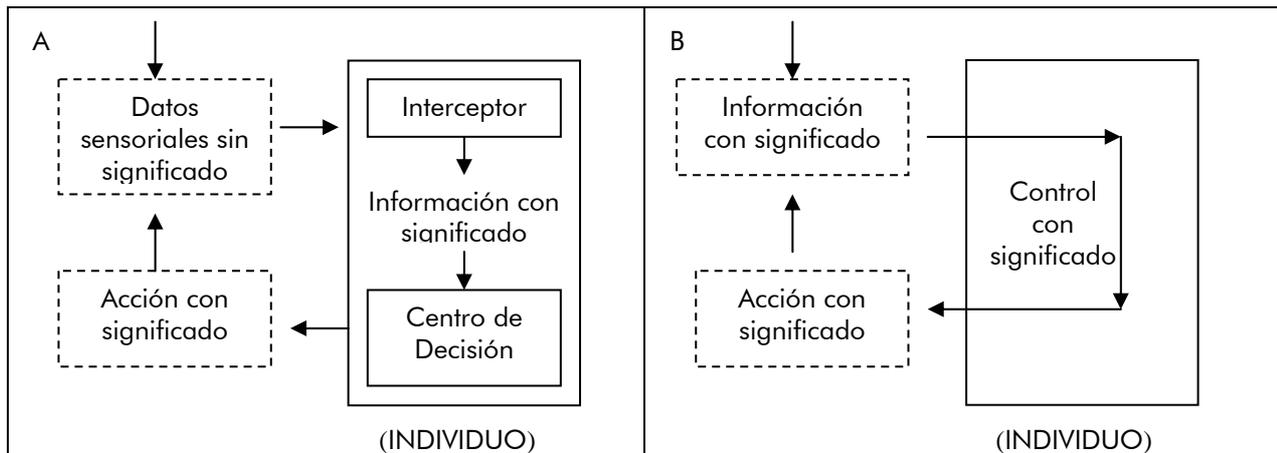


Figura 22: Aproximación cognitiva (Diagrama "A"): el significado es añadido a la información sensorial a través de los órganos sensoriales mediante las representaciones existentes en la memoria. Sin embargo, en la teoría de la percepción directa (Diagrama "B"), la información sensorial tiene un sentido intrínseco y la percepción se consigue sin recurrir a la memoria o a procesos de relación (Adaptado de Williams, 1995).

Neisser pensaba que el sistema visual está controlado por un "esquema anticipatorio", el cual dirige la exploración perceptiva hacia el estímulo relevante del medio ambiente. Este "esquema anticipatorio" ofrece una posible explicación para las estructuras mentales específicas de la tarea que pueden estar implicadas en la percepción.

En cada momento, el sujeto está construyendo anticipaciones de ciertos tipos de información que le permiten aceptarlas como viables. Estas "predicciones" están dirigidas por el "esquema anticipatorio"; son vistas como estructuras cognitivas que contienen conocimiento derivado de la experiencia pasada y determinan lo que será percibido. Por lo tanto, es el esquema anticipatorio y no la percepción directa lo que está influenciado por la experiencia previa.

6. JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS Y OBJETIVOS.

En la literatura se pueden encontrar numerosos estudios sobre la capacidad del ser humano para percibir trayectorias de objetos en movimiento utilizando diferentes dispositivos:

- Carriles por los que se dejaba caer una bola, con la única acción de la fuerza de la gravedad (Dunham, 1977; Lenoir et al., 1999a; Lenoir, Savelsbergh, Musch, Thiery, Uyttenhove y Janssens, 1999b).

- Proyecciones de vídeo de trayectorias de pelotas (McLeod, 1987; Abernethy, 1990a; Abernethy, 1990b; Williams, Davids, Burwitz y Williams, 1993; Williams, Davids, Burwitz y Williams, 1994; Williams, 1995; Williams y Davids, 1995). En ellas, se grababan en vídeo una serie de secuencias de un jugador lanzando una pelota y, posteriormente, se presentaban al sujeto en una pantalla gigante para que tomara decisiones sobre el lugar final de caída del balón o la acción a realizar.
- Sombras proyectadas sobre una pantalla blanca (Bootsma, 1991). Estas sombras se iban expandiendo a una velocidad determinada y simulaban un objeto que se aproximaba. El sujeto debía determinar el tiempo restante para el contacto de la bola.
- Columnas de LED que simulaban trayectorias de pelotas mediante el fenómeno estroboscópico (Finlay, 1982; Von Hofsten et al., 1992; Bennett y Davids, 1997).

Hay otro bloque de estudios sobre percepción de trayectorias realizados con pelotas auténticas. Algunos de ellos, se han realizado en condiciones similares a la situación real de juego (Williams, 1968; Bard, 1973; Bard 1974; Davids, 1988b; Davids, Rex de Palmer y Savelsbergh, 1989; Olave, 1990; Olave, 1991); en otros casos, se han utilizado condiciones de laboratorio para analizar de manera aislada ciertas claves y procesos que nos permiten la percepción de las trayectorias. Estos últimos trabajos se han llevado a cabo:

- Limitando los tiempos de observación de la trayectoria, bien jugando con los períodos de iluminación de la bola, o con pantallas y paneles que impedían la visión de determinados tramos de la trayectoria de la pelota, para determinar los períodos críticos de recogida de la información durante la percepción de las trayectorias (Whiting et al., 1970; Whiting y Sharp, 1974; Sharp y Whiting 1974; Smyth y Marriot, 1982; Davids y Stratford, 1989; Montagne et al., 1993; Elliott, Zuberec y Milgran, 1994; Amazeen, Amazeen, Post y Beek, 1999).
- Seleccionando cierto tipo de trayectorias como, por ejemplo, caídas verticales de balones de fútbol desde ciertas alturas (Lee et al., 1983).

- Utilizando pelotas fluorescentes en un ambiente de completa oscuridad (Savelsbergh y Whiting, 1988; Van der Kamp, Savelsbergh y Smeets, 1997). De esta forma, se trataba de aislar la información relativa a la bola de la procedente del sistema de referencia (como sería, por ejemplo, un fondo más o menos homogéneo).
- Modificando el volumen de la pelota durante las trayectorias (Savelsbergh y Bootsma, 1994), para estudiar cómo influyen factores como la tasa de expansión de la imagen retineana del objeto ("tau") en la percepción de las trayectorias.

La mayoría de los estudios sobre la percepción de las trayectorias de pelotas se han llevado a cabo con tareas de atrape, golpeo o intercepción. Aunque se pueda interpretar que la efectividad en la acción es un efecto directo de una buena o mala percepción de las trayectorias, un correcto estudio de la capacidad de percepción de las trayectorias del individuo se debería centrar en la anticipación y la precisión de la toma de la decisión respecto a la zona de caída de la bola (Bard, 1973).

Por otro lado, todos estos trabajos teóricos, en situaciones más o menos ideales y controladas, deberían de cumplimentarse con otros más aplicados al deporte real para intentar conseguir una mayor transferencia de los resultados teóricos a la situación real de juego (Davids, 1988a).

No hay duda que, en España, el deporte más practicado y con más relevancia económica y social es el fútbol. Esta razón nos decidió estudiar la capacidad de percepción de las trayectorias de balones en futbolistas de distintas edades comparándolos con practicantes de otros deportes y con sujetos sedentarios.

Los objetivos del trabajo fueron los siguientes:

1º.- Analizar y definir la percepción de trayectorias como una combinación de habilidades visuales, delimitando las variables que pueden influir en la misma. En la percepción de las trayectorias se ponen de manifiesto la mayoría de las habilidades visuales descritas en la literatura de la visión deportiva, como son la agudeza visual estática y

dinámica, la movilidad ocular, el campo visual, la visión estereoscópica y la visión binocular, la acomodación, la sensibilidad al contraste, la coordinación ojo-músculo, el tiempo de reacción visual y la visualización (García et al., 1994). Además, a la hora de evaluar las trayectorias de una bola en el aire pueden influir factores como la velocidad del viento, la iluminación, el tamaño de las pupilas, el contraste figura-fondo, el cansancio físico, la motivación o la experiencia previa. Se tratarán de limitar el mayor número de estos factores en el protocolo del test, sin tratar de perder una visión ecológica del estudio.

2º.- Realizar un análisis de los mecanismos de obtención de la información que pueden influir en la percepción de las trayectorias. El sistema visual utiliza una serie de mecanismos visuales como la acomodación, la visión binocular, los seguimientos oculares y nistagmos, la perspectiva o el contraste para obtener información que, más tarde, será interpretada por el cerebro (Hart, 1992); sin embargo, existen otro tipo de informaciones de carácter propioceptivo que pueden colaborar en la eficiencia del sujeto en la percepción de las trayectorias. Estos mecanismos visuales y propioceptivos serán los que fundamenten el estudio, entendiéndolos como los generadores de sensaciones que son, más tarde, interpretadas por el sistema nervioso central, posibilitando la percepción de las trayectorias.

3º.- Desarrollar y validar un test de campo que permita evaluar de manera objetiva la percepción de las trayectorias de balones de fútbol. De manera similar a distintos test diseñados para estudiar la percepción de las trayectorias en otros deportes con pelota (Williamns, 1968; Bard, 1973; Olave, 1990), se evaluarán la precisión y la anticipación de la toma de decisión como factores fundamentales en la percepción de las trayectorias (Bard, 1973). Se validará y aplicará el test en condiciones de laboratorio para estandarizar al máximo las variables que influyen en la percepción de las trayectorias. Sin embargo, estas condiciones se adaptarán lo más posible a las situaciones reales de juego.

4º.- Confeccionar una base de datos con resultados sobre la percepción de las trayectorias de balones de fútbol en una población de edad diversa y con diferentes niveles de práctica deportiva. Se pretende relacionar la eficiencia en la percepción de las trayectorias con variables como la edad, el sexo, el nivel de práctica deportiva, la experiencia en percepción de las trayectorias de pelotas (debido a la práctica deportiva previa de deportes de pelota), la agudeza visual y el tiempo de reacción visual del sujeto.

El trabajo tratará de dejar a un lado los procesos perceptivos y cognitivos de la toma de decisión, para centrarse en los efectos de los mismos (corrección de la toma de decisión y anticipación de la toma de decisión), como forma de evaluar la capacidad perceptiva del individuo desde una perspectiva lo más ecológica posible. Aunque se entienda que los procesos internos que dan lugar a la percepción son importantes, dichos procesos tienen carácter subjetivo, y analizarlos de manera fiable y científica con los medios de que se disponía en el trabajo, se antojaba una labor prácticamente imposible.

II. MATERIAL Y MÉTODO.

1. LA SELECCIÓN DEL TEST PARA EVALUAR LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.

En este trabajo, se ha utilizado un test basado en otros que aparecen en la literatura sobre el estudio de la percepción de las trayectorias. En dichos tests, se lanzaban pelotas hacia una zona de caída y el sujeto debía anticipar el lugar de caída del balón con la mayor celeridad y precisión posibles. Algunos de ellos, utilizan trayectorias de pelotas reales lanzadas con máquinas lanza-pelotas (Williams, 1968; Bard, 1973; Olave, 1991), y otros, filmaciones de vídeo (Williams, 1995) con el fin de estudiar la anticipación y la precisión de la respuesta del sujeto, que son los factores que definen la idoneidad de la toma de la decisión.

En la tesis doctoral de Olave (1990), se lanzaba una pelota de tenis con una máquina lanza-pelotas por encima del sujeto situado a 9,15 m. El sujeto tenía a su espalda una zona de caídas, que consistía en nueve rectángulos de 1,80 x 2,75 m situados en una cuadrícula de 3 x 3 (Figura 23). Sin volver la vista atrás, el sujeto debía adivinar el lugar donde caía la bola, disponiendo únicamente de la mitad de la trayectoria (debido a su colocación entre la cuadrícula y la máquina lanza-pelotas).

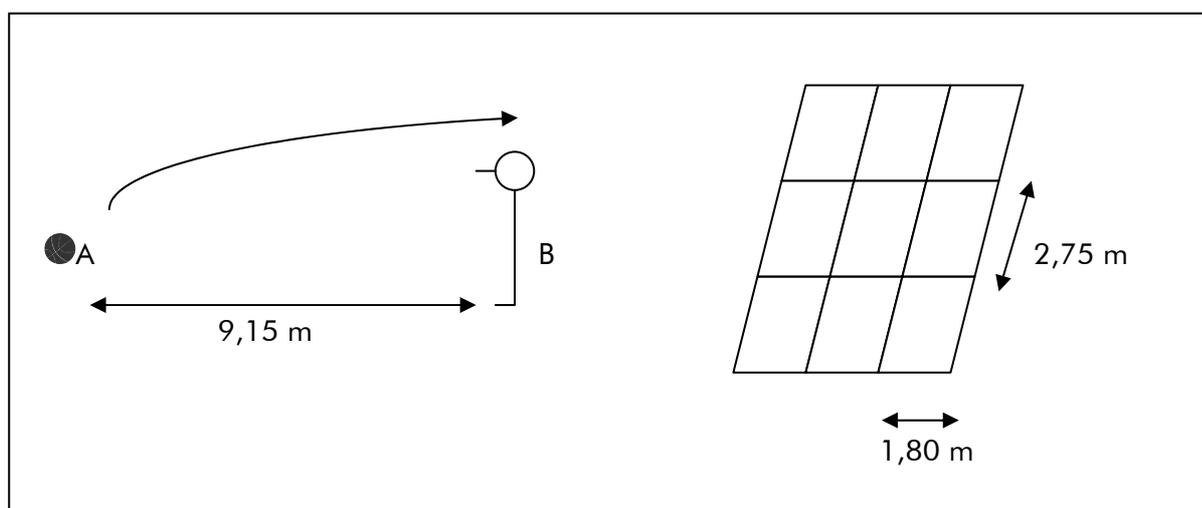


Figura 23: Esquema de la disposición experimental en el trabajo de Olave (1990). La máquina lanza-pelotas (A) está situada a 9,15 m del sujeto. Detrás del sujeto hay una zona de caídas delimitada por nueve cuadrículas de 2,75 x 1,80 m.

En el caso de la tesis de Bard (1973), el sujeto se situó en tres posiciones: lateral, en el centro de la trayectoria, con la bola viniendo de derecha a izquierda (A); lateral, en el centro

de la trayectoria, con la bola viendo de izquierda a derecha (B) y de frente a la trayectoria (C). El sujeto debía dar una respuesta verbal, lo más rápida posible, sobre el lugar donde pensaba que iba a caer una pelota de tenis lanzada con una máquina lanza-pelotas, dentro de una zona de 3 x 2 cuadrículas de 4 x 4 m de ancho situada a 19,5 m de la máquina lanza-pelotas (Figura 24). Con un sistema de paneles se limitaba la visión del sujeto a ciertas porciones de la trayectoria en determinados experimentos.

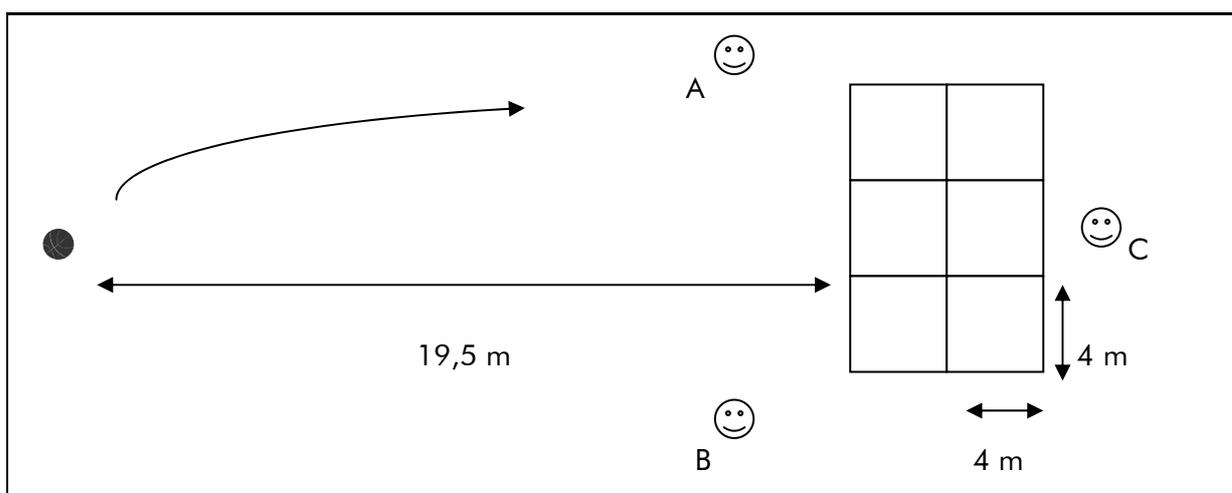


Figura 24: Esquema de la disposición experimental en el trabajo de Bard (1973). La máquina lanza-pelotas (A) está situada a 19,5 m de la zona de 3 x 2 cuadrículas de 4 x 4 m. El sujeto se situaba en dos posiciones laterales (A y B) y una frontal (C).

En un trabajo previo a los dos citados anteriormente, Williams (1968) situó al sujeto debajo de una carpa y lanzó pelotas de tenis. El sujeto debía dirigirse hacia ellas para interceptarlas; sin embargo, el atrape no se producía, pues las pelotas eran detenidas por la carpa que, a la vez, impedía la visión en la parte final de la trayectoria de la pelota. El sujeto detenía el cronómetro pulsando con el pie en uno de los 6 sensores que correspondían con las 6 teóricas zonas de caída de la pelota (Figura 25). Había tres sensores delante del sujeto y tres detrás, mediante los que se determinaba la anticipación y la precisión de la toma de decisión.

Por último, hay otra línea de investigaciones que utiliza grabaciones en vídeo de trayectorias reales de balones de fútbol. Un ejemplo de estas técnicas son los trabajos de Williams (1995), resumidos en su tesis doctoral. Se grabaron lanzamientos de balones realizados por expertos y se presentaron, posteriormente, a distintos sujetos a una distancia

de 5 m en una pantalla gigante de 3 m² (Figura 26). El tiempo de reacción electiva era registrado cuando el sujeto seleccionaba verbalmente el número de la zona donde iba a caer el balón. Adicionalmente, se grabaron los movimientos de seguimiento ocular, como medio objetivo de determinación del lugar hacia donde dirigía la atención el sujeto.

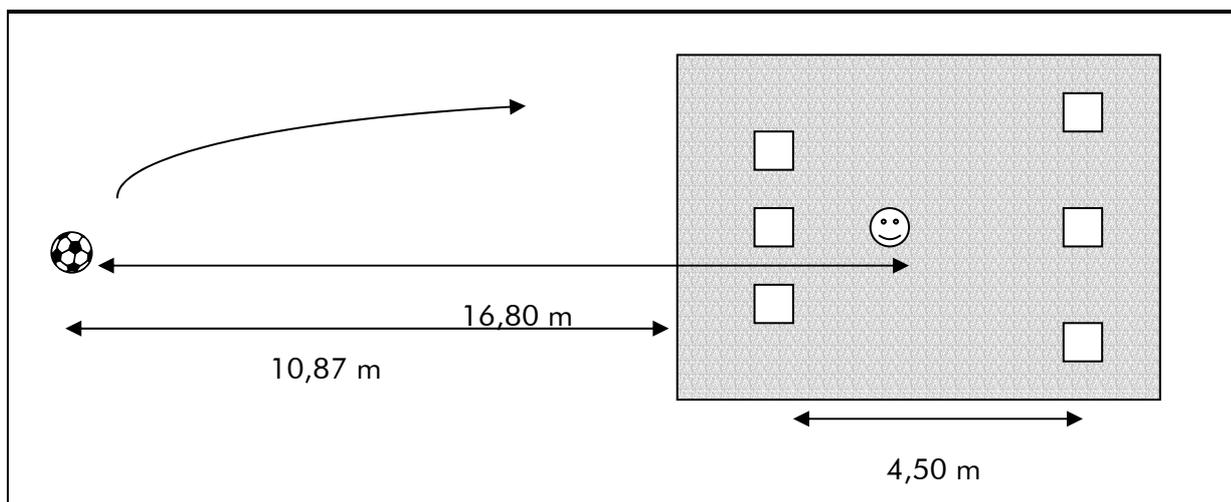


Figura 25: Esquema de la disposición experimental en el trabajo de Williams (1968). La máquina lanza-pelotas (A) está situada a 16,80 m del sujeto y la carpa comienza a 10,97 m.

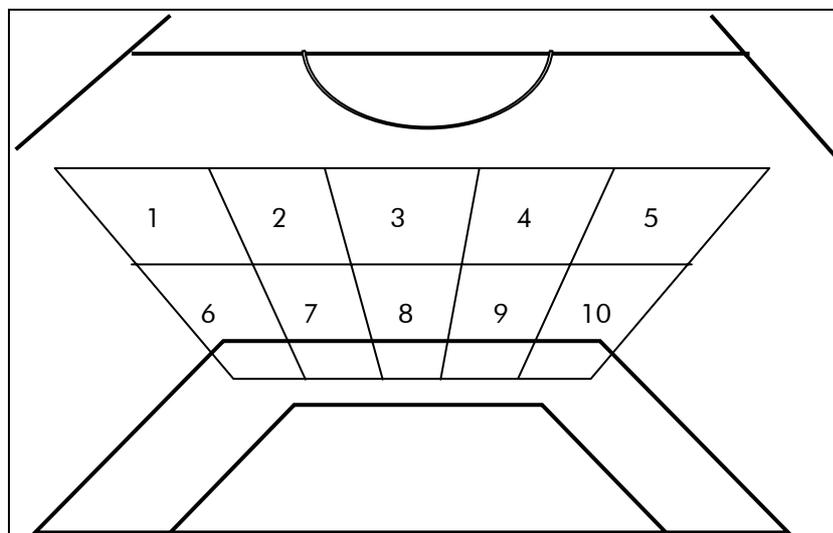


Figura 26: Esquema de la disposición experimental de los trabajos de Williams (1995). Se proyectaban en una pantalla gigante vídeos de lanzamientos de balones realizados por un experto.

En el test utilizado en este trabajo, se ha tratado de reducir al máximo la incidencia del movimiento en la forma de registro de la toma de decisión. A diferencia de otras pruebas encontradas en la literatura (Williams, 1968), la tarea solicitada al sujeto no se asemeja a ningún gesto de atrape o intercepción de la bola. Siguiendo la línea de Bard (1973), Olave (1990) y Williams (1995), los sujetos no precisaban moverse para tomar la decisión, sino que debían hacer coincidir la zona de caída del balón con la zona de caída decidida, en este caso pulsando el botón apropiado.

En esta tarea, todos los sujetos eran noveles, independientemente de que fueran expertos o inexpertos en la percepción de trayectorias de pelotas. Además, el tiempo de movimiento, que se define como “el lapso de tiempo que transcurre desde que se inicia la acción hasta que se acaba de ejecutar” (Roca, 1983), se limitó al pequeño movimiento del dedo del sujeto cuando presionaba el botón. De esta forma, se trataba de reducir la incidencia de la velocidad acíclica del sujeto en el resultado final del test.

2. MATERIAL.

2.1. LA MUESTRA.

La muestra estuvo compuesta por 189 sujetos de edades comprendidas entre los 9 y 66 años (Media = 21,48 años; σ = 13,37 años). El sujeto de menor edad tenía 9 años y el mayor 66.

En la Figura 27 se puede ver un gráfico de frecuencias con las edades de los sujetos. Como se puede ver, la mayor parte de ellos tenían entre 9 y 25 años. Del total de la muestra, 171 sujetos fueron chicos (90,5%) y 18 chicas (9,5%).

La muestra estaba compuesta casi exclusivamente por deportistas aficionados (148 sujetos = 78,3%) y sedentarios (39 sujetos = 20,6%). Únicamente, 2 sujetos de la totalidad de la muestra (1,1%) eran semiprofesionales, entendiendo como tales aquellos que percibían dinero por la práctica deportiva, aunque la simultaneaban con otro trabajo que era su principal fuente de ingresos.

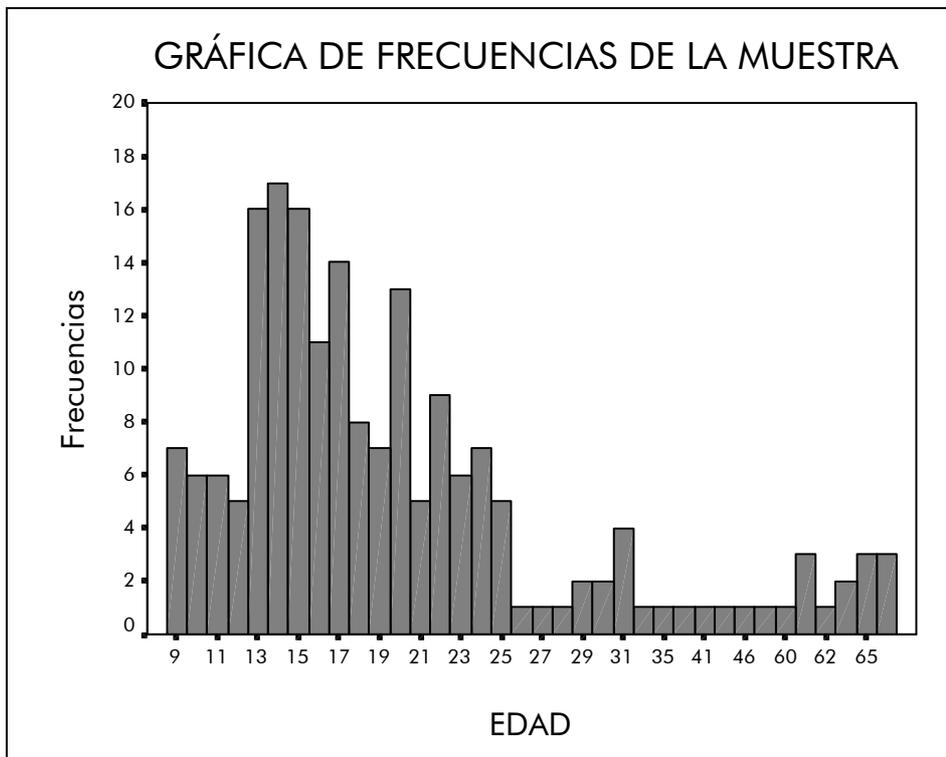


Figura 27: Distribución de frecuencias de la edad de la muestra.

Ninguno de los sujetos manifestó encontrarse en un estado psico-físico “malo” o “muy malo”. La mayoría (184 sujetos; 97,4%) declaró que se encontraba en un estado psico-físico “bueno”. Únicamente un sujeto (0,5%) dijo que se encontraba en un estado psico-físico “muy bueno” y 4 (2,1%) se encontraban en un estado psico-físico “regular”.

2.2. LA INSTALACIÓN.

Las primeras pruebas con la máquina y el estudio piloto se realizaron en el pabellón exterior del INEF de Madrid.

Sin embargo, la toma de datos definitiva se llevó a cabo en las instalaciones del Pabellón Deportivo Municipal Villa de Parla, cedido de manera desinteresada por el Servicio Deportivo Municipal de Parla.

La pista polideportiva tenía unas dimensiones de 40 x 25 m y poseía iluminación cenital por medio de tres anchas bandas de material translúcido, que dotaban a la instalación de una luz natural homogénea y suficiente para realizar las pruebas entre las 10 de la mañana y las 5 ó 8 de la tarde, en función del mes del año en que se realizaran.

Todas las tomas se realizaron bajo condiciones lumínicas dentro del rango fotópico bajo (Hart, 1992) con un rango entre 100 y 3500 lux. Los valores medios de iluminancia registrados fueron 1250 lux ($\sigma = 1047$ lux).

2.3. MATERIAL REQUERIDO PARA LLEVAR A CABO LA BATERÍA DE TEST.

2.3.1. LA MÁQUINA LANZA-PELOTAS.

El aparato más importante del montaje experimental fue una máquina lanza-pelotas modelo JUGS Pitching Machine (JUGS Company, Tualatin, Oregon), importada desde los Estados Unidos a través de la empresa holandesa Hoek Sports.

La máquina estaba constituida por una estructura metálica sobre la que se montaban dos motores independientes (ver Figura 28). Los motores tenían unos reguladores que permitían variar la velocidad de giro de las ruedas. De esta forma, se conseguía variar la trayectoria de la pelota hacia la derecha, la izquierda y en profundidad, sin variar la posición de la máquina. Esto permitía lanzar el balón sin dar pistas sobre su dirección hasta que éste no iniciaba su trayectoria. La máquina estaba alimentada por una corriente eléctrica de 220 V y disponía de ruedas, lo que la hacía muy funcional y manejable.

2.3.2. SISTEMA DE REGISTRO DE LOS DATOS SOBRE PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.

El dispositivo de registro de datos fue diseñado y confeccionado por profesores de electrónica del I.E.S. San Blas de Madrid (Figura 29).

La mayor parte de los componentes electrónicos del dispositivo se acumulaban en un cajetín de 20 x 25 x 7 cm en el que destacaban:

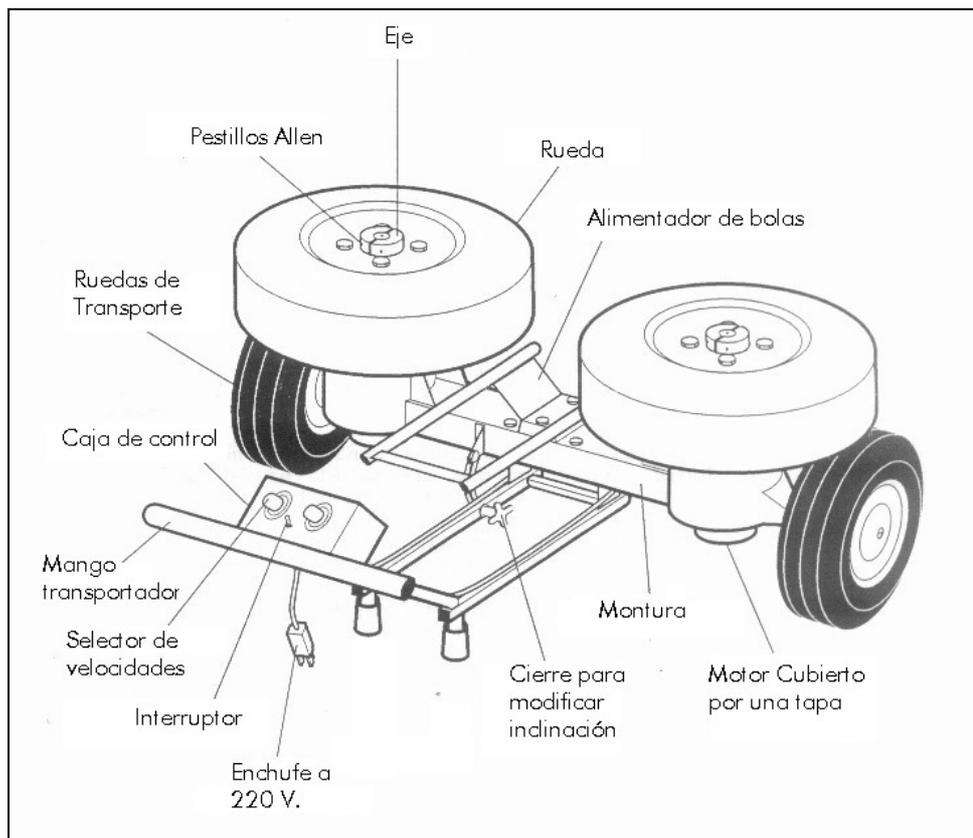


Figura 28: Máquina lanza-pelotas "JUGS pitching machine".

- Dos indicadores para el registro de tiempos en centésimas de segundo. El primero (A) registraba el tiempo de toma de decisión (desde que el balón salía de la máquina hasta que el sujeto tomaba la decisión), y el segundo (B) registraba el tiempo total de la trayectoria (desde que el balón salía de la máquina hasta que el investigador lo paraba al botar en el suelo).
- Un tercer indicador (C), registraba el botón que pulsaba el sujeto (Caída Decidida).
- Un pulsador (D) para que el investigador detuviera el segundo cronómetro en el momento de que el balón tocara el suelo.
- Un botón de puesta a cero (E).
- Conectores para la corriente eléctrica (F) o batería (G).

- Un interruptor (H) situado al final del sistema alimentador de bolas, de tal forma que el sistema se activaba cuando el balón iniciaba su trayectoria.

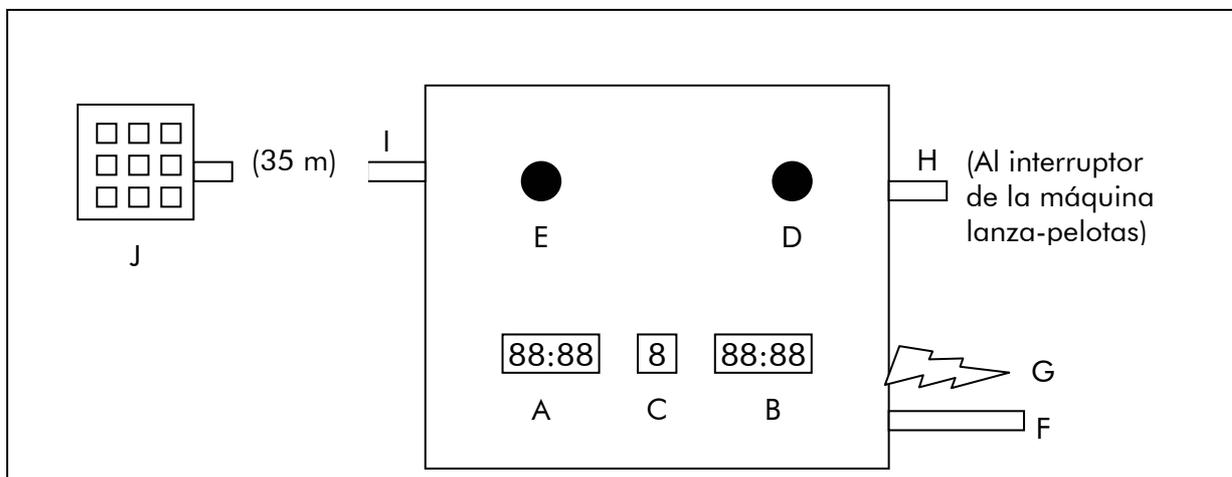


Figura 29: Esquema del sistema de registro de datos.

- Una conexión (I) para un pequeño cajetín (J) con nueve pulsadores (teclas de ordenador numeradas del 1 al 9), dispuestas en una matriz de 3 x 3, en la misma forma que las zonas de caída diseñadas para el experimento. Mediante un cable de 35 m, el cajetín estaba conectado al resto del sistema.

2.3.3. REACTÓMETRO.

El aparato de registro del tiempo de reacción simple fue diseñado y confeccionado por el mismo equipo de profesores del I.E.S. San Blas de Madrid, que desarrolló el sistema de registro de los datos sobre la percepción de las trayectorias.

El reactómetro fue construido siguiendo las indicaciones de otros validados y utilizados en distintos experimentos, que se encuentran en la bibliografía (Hodgkins, 1962; Norrie, 1965; Roca, 1983; Abourezk y Toole 1995). Consistía en una caja (Figura 30) con unas dimensiones de 20 x 25 x 7 cm en la que se podía ver:

- Dos indicadores para el registro del tiempo de reacción (A) y la respuesta de reacción (B) del sujeto. La precisión de ambos era en centésimas de segundo.

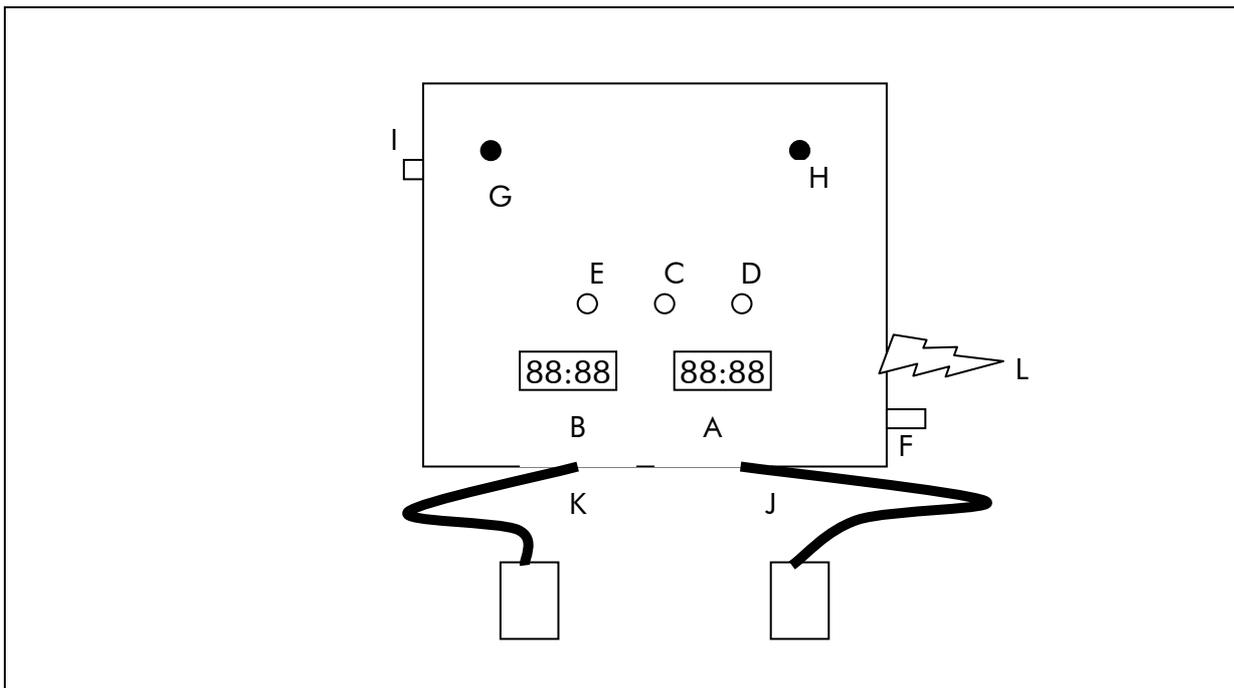


Figura 30: Esquema del Reactómetro.

- Tres puntos luminosos para originar estímulos visuales a los que reaccionar: una luz roja (C) indicaba el “listos” y se apagaba simultáneamente a la producción del estímulo elicitor. La luz verde (D) era el estímulo elicitor frente al que tenía que reaccionar el sujeto. Por último, una luz amarilla (E) indicaba los errores en el proceso de toma de datos.
- Tres interruptores: El primero (F), para encender y apagar el aparato; el segundo (G), para la puesta a cero de los cronómetros en cada intento; y un tercero (H), para iniciar el proceso de emisión de la señal.
- Un regulador en el lateral de la caja para controlar la duración del anteperíodo (I).
- Dos salidas para sendos pulsadores externos: El primero (J), paraba el cronómetro del tiempo de reacción (A) al ceder la presión sobre él, y el segundo (K), detenía el cronómetro de la respuesta de reacción (B) al ser presionado levemente.
- Una entrada para la fuente de alimentación (L) que era una batería de 12 V.

2.3.4. TEST DE ACERCAMIENTO PROGRESIVO.

Para medir la agudeza visual del sujeto se utilizó el test de acercamiento progresivo (TAP) (Sillero, 1999; Sillero y Rojo, 2000; Sillero y Rojo, 2001), el cual había sido desarrollado a partir de una experiencia práctica planteada por Gregg (1966).

Para llevar a cabo este test, sólo se necesitaba una "E" de Snellen de color negro, colocada en el centro de una tarjeta de fondo blanco de 10 x 10 cm, y una cinta de 14 m en el suelo, con marcas en cada 5 cm para realizar la medición. El tamaño de la "E" correspondía con una AV de 20/20 a 6 m (Ver Figura 31).

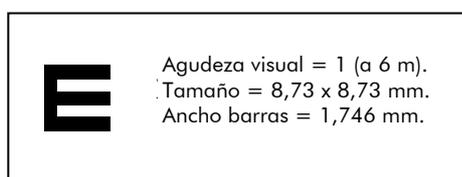


Figura 31: Tamaño real de la "E" de Snellen incluida dentro de la tarjeta blanca de 10 x 10 cm..

2.3.5. OTRO MATERIAL AUXILIAR.

Además de la máquina lanza-pelotas, el dispositivo de toma de datos, el reactómetro y el TAP, se utilizaron:

- **Cinta métrica.** Para realizar las mediciones y colocación de los elementos del dispositivo experimental.
- **10 balones.** Modelo Adidas Questra #4 de tamaño y peso oficiales (FIFA, 1995) de color blanco con elementos decorativos en color azul.
- **Bomba y Medidor de presión de balones.** Los balones fueron inflados a la presión recomendada por el fabricante (0,9 atmósferas); esta presión esta dentro de los márgenes que determina el reglamento de fútbol de la FIFA (1995) (0,6 a 1,1 atmósferas).

- **Cinta adhesiva amarilla.** La rejilla que delimitaba las zonas de caída, las líneas para el test de acercamiento progresivo, y otras marcas para la localización del lugar de cada uno de los elementos del dispositivo experimental, se hicieron con cinta de embalaje amarilla de 4 cm de ancho.
- **Luxómetro (o fotómetro).** Las condiciones de iluminación ambiente en cada una de las sesiones de toma de datos, fueron medidas con un luxómetro portátil corregido al seno, modelo Lunasix (Gossen, Alemania).
- **Alargadores para los enchufes.** La máquina lanza-pelotas y el dispositivo de registro de datos sobre la percepción de las trayectorias funcionaban con corriente eléctrica de 220 V, por lo que se necesitó un alargador de 10 m para conectarlos a la red eléctrica del pabellón.
- **Formularios.** Se diseñó un formulario para el registro de datos (Anexo 1).

3. MÉTODO.

3.1. PROCESO DE VALIDACIÓN DEL TEST.

Al no haber sido utilizado previamente, era imprescindible que el test para evaluar la percepción de las trayectorias siguiera un proceso de validación (Thomas y Nelson, 1996). En cualquier caso, la similitud con otros tests y las pruebas previas hacían suponer que el proceso de validación concluiría con resultados positivos.

Para validar el test se siguió un proceso que incluyó:

- Determinación de la precisión (Validez y Fiabilidad) de la máquina.
- Determinación de la objetividad del lanzador.
- Determinación de la validez del test.
- Determinación de la fiabilidad y objetividad del test.

3.1.1. DETERMINACIÓN DE LA PRECISIÓN (VALIDEZ Y FIABILIDAD) DE LA MÁQUINA.

3.1.1.1. SELECCIÓN DE LAS VELOCIDADES DE LOS MOTORES.

En primer lugar, se definieron las velocidades a las que se tenían que colocar los motores para que el balón cayera en la zona de caída deseada. En función de la velocidad a la que giraban los dos motores, se pudo regular el alcance del balón y la cantidad de desplazamiento lateral del mismo.

La angulación de salida del balón fue la misma en todos los lanzamientos. La máquina lanza-pelotas (Figura 28) disponía de un sistema para regular la angulación de salida de los lanzamientos, pero el mecanismo era bastante complejo de variar y esto hubiera alargado excesivamente el proceso de la toma de datos.

Tras un largo proceso de "ensayo-error", se determinaron las velocidades requeridas para enviar los balones a las distintas zonas de caída, que son las que se muestran en la Tabla IV.

ZONA	Izquierdo	Derecho	ZONA	Izquierdo	Derecho	ZONA	Izquierdo	Derecho
1	45	39	4	43	37	7	42	33
2	41	41	5	39	39	8	35	35
3	40	45	6	35	41	9	32	41

Tabla IV: Velocidades de los motores para que el balón alcanzara las distintas zonas de caída.

En este proceso, se observó que la máquina tenía un rendimiento menor durante los primeros minutos de su utilización. En los primeros lanzamientos, con los motores en frío, el balón no adquiría la misma velocidad que en los restantes. Por ello, se determinó que en el protocolo del test se debía incluir el tener la máquina conectada previamente a la realización del test, al menos durante diez minutos.

3.1.1.2. DETERMINACIÓN DE LA PRECISIÓN DE LA MÁQUINA EN LANZAMIENTOS SUCESIVOS.

Posteriormente, se pasó a evaluar qué precisión tenía la máquina en el lanzamiento sucesivo de pelotas sin modificar la velocidad de los motores. Para ello, se siguió el protocolo similar al que utilizó Williams (1968) en su tesis doctoral. Se realizaron 50 lanzamientos consecutivos a cada una de las nueve zonas de caída. El intervalo mínimo entre lanzamientos fue de 10 segundos; de esta manera, se permitía a los motores que recuperaran su velocidad después de cada lanzamiento.

Se estableció un sistema de coordenadas para determinar con mayor precisión la caída de los balones. Cada zona de caída se dividió en tres sub-zonas de un metro cuadrado cada una. De esta forma, quedó conformado un sistema de coordenadas de 9 x 9 m con el origen en el vértice inferior izquierdo de la zona de caídas (Figura 32).

Cualquier lanzamiento que cayera fuera del área de 9 x 9 m se consideraría "-1" ó "10" en el eje "x" ó "y" correspondiente. Los resultados de los lanzamientos se pueden ver en el Anexo 2.

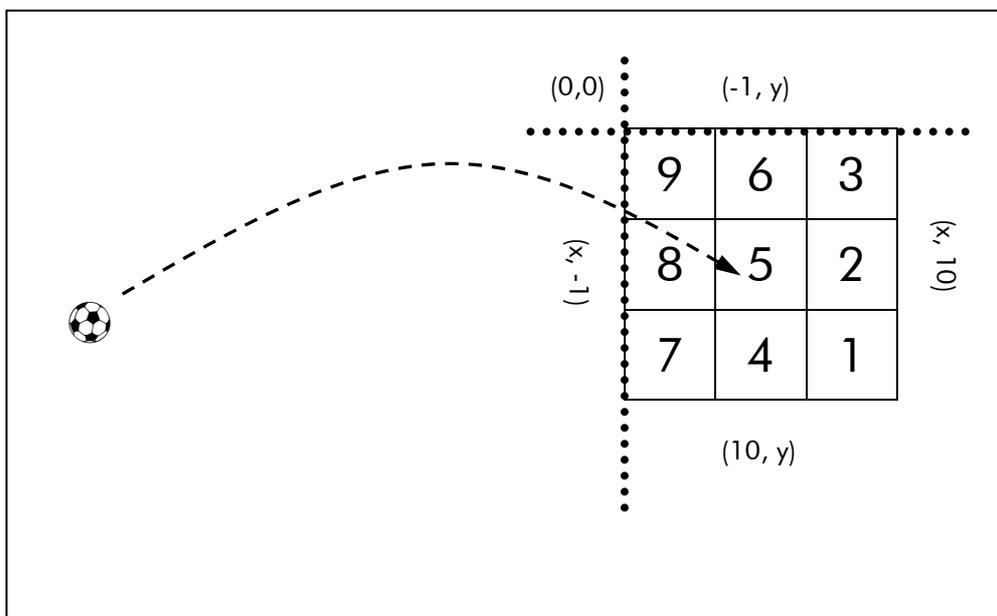


Figura 32: Esquema de sistema de coordenadas y criterios para consignar los balones que caen fuera de la zona de caídas.

El resultado de efectividad de los 50 lanzamientos en cada una de las nueve zonas de caída, así como la efectividad media, se puede ver en la Tabla V.

Posición	Errores (sobre 50)	Porcentaje
1	7	86%
2	8	84%
3	12	76%
4	3	94%
5	2	96%
6	8	84%
7	0	100%
8	10	80%
9	4	92%
Precisión General→		88%

Tabla V: Efectividad de la máquina en lanzamientos simultáneos.

Un valor medio del 88%, como promedio de los 50 lanzamientos en las nueve zonas, es una efectividad bastante buena. Sin embargo, los lanzamientos se iban a realizar de forma aleatoria, lo que implicaba modificar la velocidad de los motores después de cada lanzamiento.

3.1.1.3. DETERMINACIÓN DE LA PRECISIÓN (VALIDEZ) DE LA MÁQUINA EN LANZAMIENTOS ALEATORIOS.

En previsión de que la precisión de la máquina pudiera verse alterada por la modificación de la velocidad de los motores, en cada uno de los lanzamientos del test, se realizó una serie de 50 lanzamientos aleatorios a distintas zonas de caída para evaluar la precisión en dichas circunstancias. La cadencia de los lanzamientos nunca superó los 4 balones por minuto, para dejar que los motores adquirieran la velocidad requerida en cada ocasión. El orden de los lanzamientos se estableció según una tabla de números aleatorios de 0 al 9, suprimiendo el valor "0" (Wonnacott y Wonnacott, 1997).

Los resultados de cada uno de los lanzamientos se pueden ver en el Anexo 3-A. El resultado fue que, en un 80% de los lanzamientos, el balón cayó dentro de la zona

correspondiente y sólo dos balones salieron fuera de la cuadrícula que comprendía las nueve zonas de caída. Estos resultados nos parecieron suficientes, no ya por el 80% de aciertos, sino porque, si se considera que los lanzamientos durante el test debían ser aleatorios, lo más importante sería que los balones no cayeran fuera de las nueve zonas de caídas determinadas. En ese caso, la efectividad de la máquina sería de un 96% (dos errores de 50 intentos).

3.1.2. DETERMINACIÓN DE LA FIABILIDAD Y OBJETIVIDAD DEL LANZAMIENTO.

Por último, se trató de valorar si los balones iban a la zona de caída asignada, independientemente de la persona que efectuara el lanzamiento. Para ello, se realizó otra tanda de 50 lanzamientos, idéntica a la expuesta en el apartado anterior, siendo el lanzador una persona distinta entrenada para tal efecto (objetividad del lanzador) y, finalmente, se repitió otra nueva tanda de 50 lanzamientos por parte del primer lanzador (fiabilidad del lanzador). El primer lanzador fue el mismo que lanzaría los balones durante todo el proceso de toma de datos. Los resultados de los lanzamientos se pueden ver en el Anexo 3-B y el Anexo 3-C.

Los resultados del segundo lanzador (objetividad del lanzamiento), fueron un 84% de aciertos, con dos intentos fuera de la cuadrícula de 9 x 9 m, que comprendían las 9 zonas de caída. Para el "re-test" del primer lanzador (fiabilidad del lanzamiento), fueron de un 76%, con 7 intentos fuera de la zona de la cuadrícula.

Uniéndolos estos últimos datos de precisión al 80% de aciertos (con 2 intentos "fuera") realizados del primer lanzador en la primera tanda de lanzamientos, se consideró que la máquina lanza-pelotas tenía una precisión suficiente para realizar los lanzamientos durante el test, siempre y cuando esta fuera controlada por el primer lanzador.

3.1.3. DETERMINACIÓN DE LA VALIDEZ DEL TEST.

El test se consideró válido en sus dos vertientes (Harre, 1987):

a) En cuanto a contenido (o lógica):

La tarea que realiza el sujeto es la misma que se pretende evaluar, pero en condiciones de laboratorio controladas.

b) En cuanto a criterio:

La tarea se ha evaluado de maneras similares en otros estudios (Williams, 1968; Bard, 1973; Williams, 1995) utilizando otro tipo de pelotas y distintos protocolos, pero siempre evaluando la anticipación de la toma de decisión y la precisión de la toma de decisión.

3.1.4. DETERMINACIÓN DE LA AUTENTICIDAD O FIABILIDAD Y DE LA OBJETIVIDAD DEL TEST.

Al realizarse los lanzamientos con una máquina lanza-pelotas, la autenticidad o fiabilidad (consistencia de los resultados intra-investigador) y la objetividad (consistencia inter-investigador) del test queda demostrada automáticamente, si se confirma la fiabilidad y objetividad del lanzamiento con la máquina lanza-pelotas, algo que ya se demostró en el punto 3.1.2.

3.1.5. APRENDIZAJE DE LA TAREA.

Para determinar los intentos de prueba y el número máximo de intentos en el protocolo definitivo del test, resultaba interesante conocer si se producía un aprendizaje de la tarea cuando el mismo sujeto realizaba varios intentos sucesivos. Se realizó una tanda de 25 lanzamientos aleatorios y consecutivos desde una sola posición (lateral derecha) a ocho sujetos que no habían tenido contacto previo con el test.

Los resultados de los lanzamientos se pueden ver en el Anexo 4, mientras que los de la evolución de los valores medios para los ocho sujetos se resumen en la Figura 33.

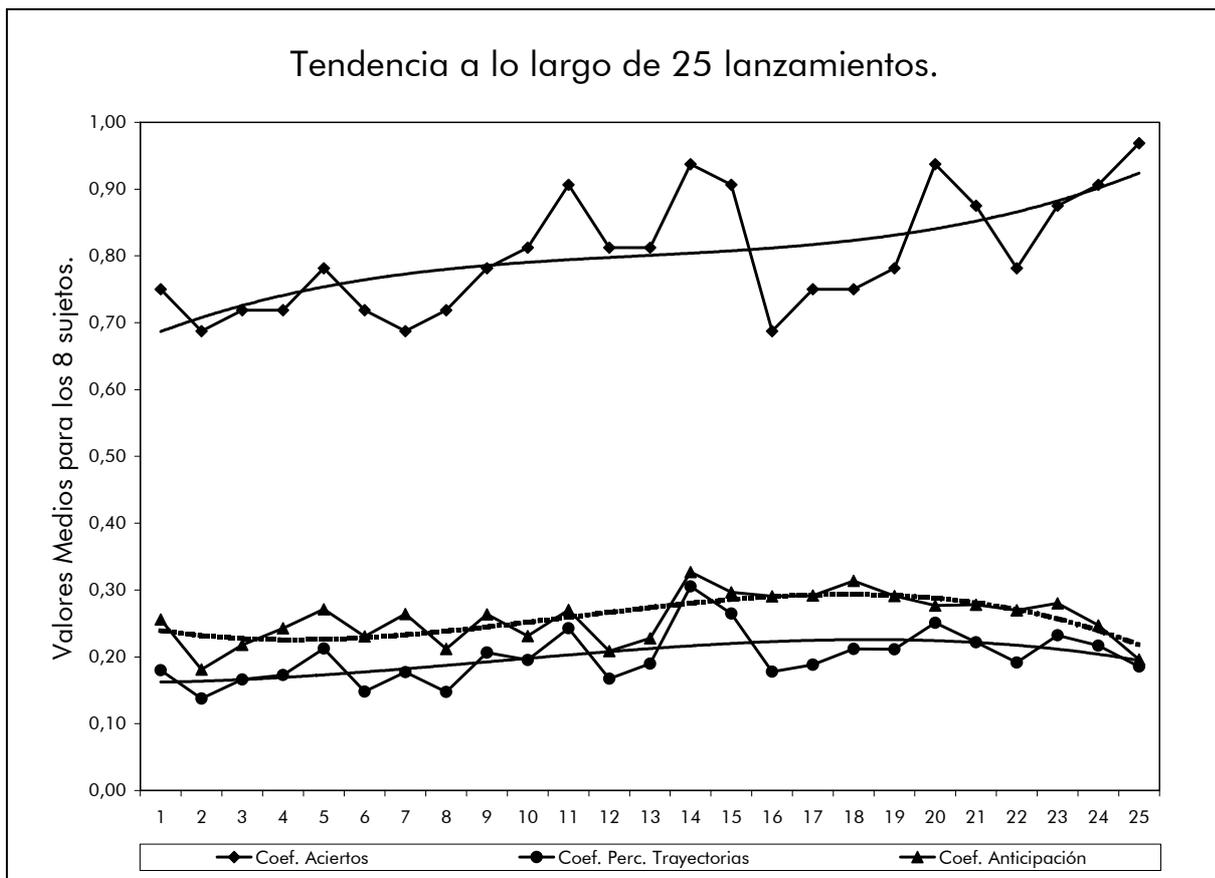


Figura 33: Evolución de los lanzamientos a lo largo de los intentos.

Se puede ver que los resultados se mantienen más o menos estables desde casi el primer intento y, que en los dos o tres últimos intentos el rendimiento disminuye, debido a que el sujeto espera un poco más a tomar la decisión (coeficiente de anticipación baja) para no fallar mucho (coeficiente de aciertos sube). Por lo tanto, serían suficientes dos o tres intentos de práctica, para que el sujeto se adaptara a la mecánica del test, pero no se deberían superar los 24 intentos en total.

3.2. PROTOCOLO DEFINITIVO DEL TEST DE EVALUACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.

Con los resultados y la experiencia acumulada durante el proceso de validación del test, se determinó el siguiente protocolo (Sillero y Rojo, 2000):

- Se determinó una zona de caída del balón con nueve cuadrados de 3 m de lado (Área = 9 m²), marcados en el suelo con cinta adhesiva de color amarillo fluorescente de 4 cm de ancho (ver Figura 34). Las dimensiones de las zonas de caída se determinaron en función del ancho de la portería (7,32 m) y la anchura del área pequeña del portero (13,32 m). (FIFA, 1995); de esta forma, la zona de caídas tenía un tamaño aproximado al área de mayor actuación del portero. Además, las zonas de caída en otros estudios habían sido bastante similares: cuadrículas de 2,75 x 1,80 m en el estudio de Olave (1993) y de 4 x 4 m en el caso de Bard (1973).

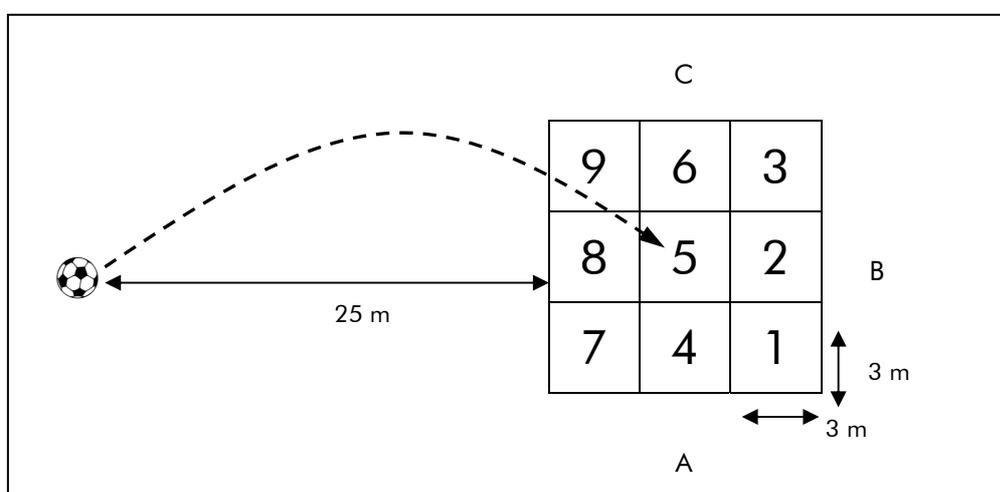


Figura 34: Posiciones relativas del sujeto respecto a la trayectoria de la pelota.

- Se lanzaba el balón con una máquina lanza-balones (JUGS Pitching Machine, JUGS Company, Tualatin, Oregon) colocada a 25 m del borde más próximo de la cuadrícula. Esta distancia era ligeramente superior a estudios similares: 16,50 m (Williams, 1968), 19,50 m (Bard, 1973) y 18,30 m (Olave, 1993), y a la vez congruente, pues en este caso el tamaño de la bola era también mayor (balón de fútbol frente a pelotas de tenis).
- Al comenzar su trayectoria, el balón activaba un dispositivo automático que ponía en marcha dos cronómetros.
- El primero de los cronómetros era detenido por el sujeto mediante un dispositivo de nueve teclas, dispuestas de forma semejante a la cuadrícula de caída del balón

(3 x 3 cuadrículas). Cuando creía saber la zona donde iba a caer el balón, el sujeto pulsaba lo antes posible la tecla correspondiente. El tiempo transcurrido entre la salida del balón y la parada del cronómetro, por parte del sujeto, se denominó tiempo de toma de decisión (TTD).

- El segundo cronómetro era detenido por el investigador en el momento en que el balón tocaba el suelo. Quedaba registrado, de esta forma, el tiempo total de la trayectoria del balón (TTT), entendido como el tiempo transcurrido entre la salida del balón y el contacto del balón en el suelo.
- Cuando el sujeto pulsaba la tecla correspondiente, la decisión quedaba reflejada en forma de número del 1 al 9 en el panel de tiempos. Dicha decisión era anotada por el investigador como zona de caída decidida. Además, el investigador anotaba la zona de caída real del balón.
- Los balones utilizados fueron 10 Adidas Questa (tamaño #4), los cuales, siguiendo las instrucciones proporcionadas por el fabricante del mismo, eran inflados diariamente a una presión de 0,9 atmósferas.
- El sujeto disponía de 3 intentos de prueba antes de comenzar la serie de 5 lanzamientos de balón en tres posiciones distintas (frontal, lateral derecha y lateral izquierda). Por lo tanto, el número total de lanzamientos fue de 18, que se encuentra dentro de los límites recomendados en el estudio del aprendizaje de la tarea, llevado a cabo durante el proceso de validación previa (ver punto 3.1.5).
- Tras situar al sujeto en una de las zonas desde donde se iba a realizar el test, se le explicó el fundamento de la prueba y se le pidió que pulsara “con la mayor velocidad y precisión posibles”, la tecla correspondiente a la zona donde pensara que iba a caer el balón. Se le informó sobre el mecanismo de puntuación si fallaba en la toma de decisión y del número de intentos que debía realizar en cada una de las tres posiciones.

- Tras resolver las dudas del sujeto sobre el procedimiento del test, se realizaron tres lanzamientos de prueba y, posteriormente, los cinco lanzamientos en cada una de las tres posiciones. La selección del orden de las posiciones de comienzo fue al azar, empezando cada vez en una posición diferente para evitar la posible influencia de la práctica en los resultados de las distintas posiciones.
- Los cinco lanzamientos en cada posición fueron realizados al azar, tratando de alternar lanzamientos cortos, intermedios y largos (con y sin desviaciones laterales del balón).

3.3. OTROS TESTS UTILIZADOS EN LA TOMA DE DATOS.

Además del test de percepción de las trayectorias, se establecieron unos tests complementarios para evaluar variables que podrían influir en la percepción de las trayectorias del individuo. Dichos tests y los protocolos seguidos fueron los siguientes:

3.3.1. TEST DE AGUDEZA VISUAL. TEST DE ACERCAMIENTO PROGRESIVO.

La agudeza visual (AV) monocular y binocular se evaluó mediante el test de acercamiento progresivo (TAP) (Sillero, 1999; Sillero y Rojo, 2000; Sillero y Rojo, 2001).

Los sujetos debían resolver los bordes de una "E" de Snellen de color negro, colocada en el centro de una tarjeta de fondo blanco de 10 x 10 cm. El tamaño de la "E" correspondía con una AV de 20/20 a 6 m (Figura 32).

El sujeto se colocaba de pie, en el origen de una cinta métrica. El investigador acercaba la tarjeta desde una distancia de 14 m, de manera perpendicular al eje de mirada del sujeto, con una cadencia de un paso corto por segundo (0,5 m/s). El sujeto decía "Stop" cuando creía saber la dirección donde apuntaban las barras de la "E" (izquierda, derecha arriba o abajo). Entonces, el investigador se detenía, comprobaba la respuesta y anotaba la distancia desde los ojos del sujeto a la proyección vertical de la tarjeta sobre el suelo, con una precisión de décimas de metro (Error típico = $\pm 0,05$ m).

3.3.2. DETERMINACIÓN DEL OJO DIRECTOR.

El sujeto se situaba de pie frente al examinador y se le pedía que hiciera un orificio con los dedos índice y pulgar de ambas manos. Tras extender los brazos al frente, se le pedía que mirara a través del orificio al ojo derecho del examinador, manteniendo ambos ojos abiertos. El examinador determina de esta forma el ojo que dirige la mirada, siendo el que ve con su ojo derecho a través del orificio. (Knudson y Kluka, 1997)

3.3.3. TIEMPO DE REACCIÓN VISUAL Y RESPUESTA DE REACCIÓN (TIEMPO MOTOR).

Para medir el tiempo de reacción simple y el tiempo motor del sujeto se le sentó en una sala anexa a la sala polideportiva del pabellón, debido a que se precisaban unas condiciones de luz uniformes y bajas para que el estímulo elicitor fuera percibido con total nitidez.

- Se le pidió al sujeto que pusiera su mano dominante sobre el primer pulsador. El otro pulsador se situaba a 21 cm (ancho de un folio DIN A-4) del primer pulsador.
- El sujeto debía mantener el pulsador apretado con su mano dominante mientras estaba encendida la luz roja.
- El investigador pulsaba el botón de puesta en marcha del aparato y, tras un período de tiempo variable, la luz roja se apagaba y se encendía la verde (estímulo elicitor).
- Los anteperíodos (tiempo entre inicio del intento y producción del estímulo elicitor) se establecieron al azar entre 1 y 6 segundos.
- Tras producirse el estímulo elicitor, el sujeto debía cambiar lo más rápidamente posible la mano de un pulsador a otro.

- Se permitían dos intentos de prueba y, posteriormente, se registraban tres intentos válidos (descartando las respuestas anticipadas y los bloqueos).

3.3.4. TEST DE HABILIDAD FUTBOLÍSTICA. "JUGGLING-1".

La habilidad futbolística del sujeto se determinó mediante el test "Juggling-1" (Van Rossum y Wijbenga, 1993). Este test es muy parecido a otros de habilidad futbolística (Sans y Frattarola, 1996), pero tenía la ventaja de haber sido validado con muy buenos resultados en jugadores de escuelas holandesas de fútbol de distintas categorías y en miembros de la selección nacional holandesa.

El sujeto debía dar el mayor número de toques con cualquier parte del cuerpo excepto las manos y los brazos, sin que cayera el balón al suelo y sin límite de tiempo. El número máximo de toques era 100. Una vez conseguida esta cantidad finalizaba el intento.

3.4. PROCESO GENERAL DE TOMA DE DATOS.

Al contactar con el sujeto, se le preguntaba la edad. Si era menor de edad, se le entregaba a los padres una hoja con la explicación de las pruebas que iba a realizar (Anexo 5). También se incorporaba una solicitud de autorización para que su hijo/a participara en el proceso de toma de datos y el consentimiento para que los datos fueran utilizados con fines de investigación y publicación (Anexo 6).

El sujeto era citado para realizar la batería de test en el Pabellón Municipal Villa de Parla. En el Anexo 1, se puede ver una copia de la ficha de anotación de resultados en la batería de test.

Tras cumplimentar los datos personales y las preguntas sobre el tipo de actividad deportiva practicada por el sujeto, tipo de corrección visual utilizada y estado de salud; se registraba el nivel de iluminación en la sala y se pasaba la batería de test en el siguiente orden:

1º. Determinación de la agudeza visual del sujeto. Se realizaron dos tomas; una con orientación vertical de la "E" (derecha o izquierda) y otra horizontal (arriba o abajo). Si el resultado entre ambas era muy diferente, se realizaba un tercero en la dirección del resultado menor para confirmar un posible error.

2º. Determinación del ojo director. Se realizó una sola vez. Posteriormente, el sujeto era preguntado sobre su dominancia manual y era registrada en el apartado de observaciones de la plantilla de registro de datos.

3º. Tiempo de reacción visual y tiempo motor. Se realizaron tres tomas consecutivas con tiempos de latencia aleatorios y con dos intentos previos de práctica. En caso de bloqueo o de respuesta anticipada, se repitió el intento.

4º. Test de Habilidad Futbolística. Se realizaron dos intentos sin práctica previa.

5º. Test de Percepción de las Trayectorias. Se realizaron cinco intentos en cada una de las tres posiciones ("A", "B" y "C" en Figura 35). Se permitieron tres intentos de práctica antes de comenzar la toma de datos.

6º.- Firma de consentimiento y autorización para el uso de los datos con fines de investigación y publicación científica. En caso de que el sujeto fuera menor de edad, se había solicitado previamente una autorización firmada por el padre o tutor (Anexo 6).

4. ANÁLISIS DE LOS DATOS.

Todos los datos de la muestra fueron introducidos en una base de datos del programa SPSS 10.0 para Windows (registro: 7837489), con el fin de realizar el análisis estadístico. La edición del texto y de algunas gráficas, se hizo con el paquete informático Microsoft Office convenientemente registrado para el I.N.E.F. de Madrid, por la Universidad Politécnica de Madrid.

El tratamiento de los datos fue el siguiente:

- Se estableció una nueva variable llamada “práctica total”, definida como el producto de las horas de práctica a la semana, por 50 semanas de entrenamiento al año, por el número de años de antigüedad en la práctica deportiva.
- Se utilizaron dos criterios para establecer grupos de edad:

1º. El criterio de Desarrollo Motor. Aunque el ritmo de desarrollo es individual se establecieron cuatro grupos:

➤ **Niños:** hasta los 13 años inclusive. En este grupo estarían incluidos los niños y niñas en fase prepuberal (Hahn, 1988).

➤ **Adolescentes:** entre los 14 y los 17 años ambos inclusive. En este grupo estarían los niños en la primera y segunda fase puberal, hasta la práctica finalización de su proceso de desarrollo (Hahn, 1988).

➤ **Adultos:** entre los 18 y los 55 años inclusive. El número de sujetos de más de 40 años fue limitado, pues a partir de esta edad comienzan a presentarse problemas de presbicia (vista cansada), como consecuencia de la degeneración progresiva del sistema visual producida por el proceso de envejecimiento.

➤ **Mayores: mayores de 55 años.** El proceso de envejecimiento está ya bastante avanzado en la mayoría de los sujetos a esta edad. Este grupo no estaba previsto en el proyecto inicial; sin embargo, tras conocer los datos obtenidos con los tres anteriores, se decidió añadir un pequeño grupo de mayores antes de finalizar el proceso de datos, para comprobar la tendencia al empeoramiento de la capacidad perceptiva con la edad.

2º. El criterio de bloques de edad. La muestra no era lo suficientemente grande para considerar la edad como una variable continua. Para estudiar la influencia de la edad en la percepción de las trayectorias, se dividió la muestra en bloques de edad, teniendo como

criterio que existiera un número de sujetos aceptable y equilibrado en cada uno de los bloques.

Los bloques de edad que se definieron fueron los siguientes:

- De 8 a 10 años inclusive.
 - De 11 a 13 años inclusive.
 - De 14 a 16 años inclusive.
 - De 17 a 18 años inclusive.
 - De 19 a 21 años inclusive.
 - De 22 a 25 años inclusive.
 - De 26 a 30 años inclusive.
 - De 31 a 40 años inclusive.
 - De 41 a 55 años inclusive.
 - A partir de 56 años.
- Sillero y Bennett (2000) comprobaron que los resultados del test de acercamiento progresivo (TAP) se ven influidos por el nivel de iluminación ambiente. Por lo tanto, hubo que aplicar distintas ecuaciones en función de la iluminación ambiente, con el fin de calcular el coeficiente de agudeza visual de Snellen equivalente a partir de las distancias horizontales registradas en el test. Como la iluminación ambiente media fue de 1250 lux (D.T = 1047 lux) y el rango de iluminación estuvo entre 100 y 3600 lux, se consideró apropiado utilizar la fórmula para luz intermedia (748 lux):

$$AV_{TAP} = 1,08 AV_{LogMar} + 0,064$$

Donde AV_{TAP} es el coeficiente de agudeza visual de Snellen, según el test de acercamiento progresivo (distancia registrada en m/6) y AV_{LogMar} es el coeficiente de agudeza visual de Snellen, obtenido a través de una tarjeta de agudeza visual LogMar, que es la más utilizada a la hora de registrar la agudeza visual con fines de investigación.

- Tras conocer la agudeza visual del sujeto, se consideró oportuno establecer grupos en función de la eficiencia de la visión del sujeto. No existen unos criterios estandarizados para decir si un sujeto ve bien o mal, pues la eficiencia de la visión depende en mucho de la interpretación que se haga de la información que llegue al córtex cerebral, independientemente de si esta es clara o no. Sin embargo, en función de los criterios de los diferentes estudios recopilados por Ciuffreda y sus colaboradores (1991), se clasificaron los sujetos de la muestra como:
 - Sujetos con **visión excelente**: Fueron incluidos en este grupo los sujetos con un coeficiente de agudeza visual de Snellen binocular superior a 1,3 y con una diferencia entre coeficientes monoculares inferior a 0,4.
 - Sujetos con **visión normal**: Se consideraron “normales” los sujetos con un coeficiente de agudeza visual de Snellen binocular entre 0,66 y 1,3, y con una diferencia entre coeficientes monoculares inferior a 0,4.
 - Sujetos con **visión ambliope monocular**: En este grupo se incluyeron los sujetos que, aunque presentaran un coeficiente de agudeza visual de Snellen binocular superior a 0,66, tuvieran una diferencia entre coeficientes monoculares superior a 0,4. Estos sujetos presentarían un defecto monocular que les haría utilizar predominantemente la información del ojo con mayor agudeza visual en visión lejana.
 - Sujetos con **visión ambliope binocular (ó incorrecta)**: Los sujetos con un coeficiente de agudeza visual de Snellen binocular inferior a 0,66.

- Con los datos sobre dominancia ocular y dominancia manual se establecieron dos grupos:
 - Sujetos con **dominancia normal**: La dominancia manual correspondía con la dominancia ocular.
 - Sujetos con **dominancia cruzada**: La dominancia manual no correspondía con la dominancia ocular.
- Con los datos de tiempo de reacción y respuesta de reacción, se obtuvo el tiempo motor para cada intento (Roca, 1983) como la diferencia entre la respuesta de reacción y el tiempo de reacción visual. Posteriormente, se obtuvieron las medias de los tres intentos, tanto para el tiempo de reacción visual como para el tiempo motor.
- Finalmente, se calculó el coeficiente de percepción de las trayectorias (CPT) a través de los datos registrados durante el proceso de toma de datos (zona de caída real, zona de caída decidida, tiempo total de la trayectoria y tiempo de toma de la decisión). El proceso para calcular los coeficientes de percepción de las trayectorias fue el siguiente:

1º. Se calcularon los **coeficientes de acierto** (CAc) para cada uno de los cinco intentos en las tres posiciones (A, B y C) siguiendo los siguientes criterios:

Se establecieron dos posibilidades de error:

- **Error de profundidad**: Dependiendo del alcance del lanzamiento (corto, medio o largo).
- **Error de desviación**: Dependiendo de la dirección del lanzamiento (derecha, izquierda o sin desviación).

- ◆ El CAc era igual a "1" si la zona de caída real correspondía con la zona de caída decidida.
- ◆ El CAc era igual a "0,5" si la suma del error de desviación y el error de profundidad era igual a una cuadrícula.
- ◆ El CAc era igual a "0,25" si la suma del error de desviación y el error de profundidad era igual a dos cuadrículas.
- ◆ El CAc era igual a "0" si la suma del error de desviación y el error de profundidad era igual a tres cuadrículas.

2°. Posteriormente, se obtuvo el coeficiente de anticipación (CAn) para cada lanzamiento como:

$$\text{Coeficiente de anticipación (CAn)} = 1 - (\text{TTD} / \text{TTT})$$

Donde TTD es el tiempo de toma de decisión y TTT es el tiempo total de la trayectoria.

3°. Se obtuvo el coeficiente de percepción de las trayectorias (CPT) para cada intento, como la composición (producto) del coeficiente de anticipación y el coeficiente de aciertos:

$$\text{Coeficiente de percepción de las trayectorias (CPT)} = \text{CAc} * \text{CAn}$$

4°. Se calcularon los coeficientes de anticipación, coeficientes de aciertos y coeficientes de percepción de las trayectorias para las distintas posiciones (A, B y C), como las medias de los cinco intentos realizados en cada una de ellas.

5°. Finalmente, se calcularon los coeficientes de anticipación, coeficientes de aciertos y coeficientes de percepción de las trayectorias globales como las medias de los resultados en las tres posiciones (A, B y C).

- Con el fin de tratar de disminuir en la medida de lo posible el error proveniente de la toma del tiempo total de la trayectoria por parte del investigador, y para hacer homogéneos los resultados, se calcularon los coeficientes de percepción de las trayectorias homogeneizadas utilizando, en lugar de los tiempos totales de cada uno de los intentos, la media de los tiempos totales de las trayectorias de la totalidad de los lanzamientos realizados a zona de caída real durante toda la toma de datos. Los pasos fueron similares a los utilizados para el cálculo de los coeficientes "directos", excepto en el cálculo del coeficiente de anticipación homogeneizado (CAnH), en el que se aplicó la fórmula:

$$\text{Coeficiente de anticipación homogeneizado (CAnH)} = 1 - (\text{TTD} / \text{TTTH})$$

En la obtención del coeficiente de percepción de las trayectorias homogeneizadas, que se obtuvo mediante la fórmula:

$$\text{Coeficiente de percepción de las trayectorias homogeneizado (CPTH)} = \text{CAc} * \text{CAnH}$$

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

1. RESULTADOS INDIVIDUALES.

Los resultados individuales en cada uno de los coeficientes y las variables fundamentales (edad, grupo de edad, deporte practicado, posición en el campo, agudeza visual monocular y binocular, estado de visión, dominancias, habilidad futbolística, tiempo de reacción, tiempo motor, coeficientes de anticipación ó "C. An", coeficientes de aciertos ó "C. Ac" y coeficientes de percepción de las trayectorias normales ó "C.P.T" y homogeneizados ó "C.P.T.H" se pueden ver en los Anexos 7 y 8.

Por otro lado, en la tabla VI se pueden ver resumidos los valores medios, las desviaciones típicas y los rangos de los distintos coeficientes estudiados, en las diferentes posiciones.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	σ
Coef. Aciertos "A"	0,002	0,663	0,318	0,128
Coef. Aciertos "B"	0,008	0,647	0,332	0,127
Coef. Aciertos "C"	0,016	0,623	0,306	0,123
Coef. Anticipación "A"	0,150	1,000	0,746	0,156
Coef. Anticipación "B"	0,250	1,000	0,782	0,161
Coef. Anticipación "C"	0,200	1,000	0,715	0,171
Coef. Anticipación Homog. "A"	0,002	0,476	0,237	0,105
Coef. Anticipación Homog. "B"	0,004	0,574	0,258	0,110
Coef. Anticipación Homog. "C"	0,008	0,573	0,218	0,098
Coef. Percep. Trayectorias "A"	-0,099	0,665	0,319	0,136
Coef. Percep. Trayectorias "B"	-0,099	0,680	0,329	0,134
Coef. Percep. Trayectorias "C"	-0,075	0,645	0,307	0,130
Coef. Percep. Trayectorias Homog. "A"	-0,099	0,488	0,237	0,112
Coef. Percep. Trayectorias Homog. "B"	-0,091	0,603	0,256	0,117
Coef. Percep. Trayectorias Homog. "C"	-0,075	0,605	0,219	0,105
Coef. Anticipación General	0,012	0,614	0,319	0,117
Coef. Aciertos General	0,367	0,967	0,748	0,123
Coef. Percep. Trayectorias General	0,006	0,477	0,238	0,094
Coef. Anticipación Homog. General	-0,091	0,634	0,318	0,125
Coef. Percep. Trayectorias Homg. General	-0,088	0,499	0,237	0,101

Tabla VI: Resumen de valores de los distintos coeficientes.

1.1. COEFICIENTES DE ANTICIPACIÓN.

Los mejores resultados del coeficiente de anticipación se observan en la posición frontal ("B"), con 0,332 ($\sigma = 0,127$), seguidos de la lateral derecha ("A"), con 0,318 ($\sigma = 0,128$) y, finalmente, la posición lateral izquierda ("C"), con 0,306 ($\sigma = 0,123$). El coeficiente de anticipación general fue 0,319 ($\sigma = 0,117$).

Si miramos el anexo 7, solamente 8 de los 189 sujetos (4,2%) tuvieron valores medios de coeficientes de anticipación levemente superiores a 0,50, que indican tomas de decisión antes de que el balón llegara a la mitad de la trayectoria. Esto confirma la teoría de que la fase intermedia del vuelo es el período crítico de obtención de información sobre la trayectoria de la bola (Whiting, y Sharp, 1974; Sharp, y Whiting, 1974). En los citados estudios de Whiting y Sharp, se utilizaron máquinas lanza-pelotas y se limitaba el tiempo de iluminación de la trayectoria de la bola. La efectividad iba aumentando según se incrementaba el período de iluminación de la bola, y se reducía significativamente cuando el período de iluminación se rebajaba a 75 ms. Además, la efectividad volvía a ser mayor cuando el período de iluminación se producía en la fase intermedia del vuelo de la bola. Se consideró que 80 ms era el momento perceptivo mínimo para realizar el atrape de una pelota y que, si éste se producía demasiado pronto o demasiado tarde, daba como resultado una pérdida de eficiencia en la tarea.

En nuestro estudio, la práctica totalidad de los sujetos esperan a que el balón llegue a la parte intermedia de la trayectoria para tomar la decisión (coeficientes de anticipación menores de 0,5), lo que confirmaría que es esa fase la que les aporta una información más precisa sobre el lugar de caída de la bola.

1.2. COEFICIENTES DE ACIERTOS.

Al igual que en los coeficientes de anticipación, los valores más altos en los coeficientes de aciertos se observan en la posición frontal ("B"), con una media de 0,782 ($\sigma = 0,161$), seguidos de la lateral derecha ("A"), con 0,746 ($\sigma = 0,156$) y, por último, la posición lateral izquierda ("C") con 0,715 ($\sigma = 0,172$). El coeficiente de aciertos general fue 0,748 ($\sigma = 0,123$).

No parece existir una relación entre el coeficiente de anticipación y el coeficiente de aciertos, hecho que se aprecia estadísticamente cuando se analiza el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson que es de $r = 0,014$, con una significación de $p = 0,845$.

1.3. COEFICIENTES DE PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.

Al ser el coeficiente de percepción de las trayectorias un producto del coeficiente de anticipación y el coeficiente de aciertos, la posición con mejores resultados sigue siendo la posición frontal ("B"), con valores medios de 0,258 ($\sigma = 0,110$), seguida de la posición lateral derecha ("A"), con 0,237 ($\sigma = 0,105$), y la lateral izquierda ("C"), con 0,218 ($\sigma = 0,098$). En este caso, el coeficiente de percepción de las trayectorias general fue de 0,238 ($\sigma = 0,094$).

Para establecer qué es lo más importante, si tomar una decisión rápida (coeficiente de anticipación) o precisa (coeficiente aciertos), nos pueden aportar cierta información los coeficientes de correlación producto-momento de Pearson entre los coeficientes de anticipación y aciertos y el coeficiente de percepción de las trayectorias. Los valores son de 0,89 ($p < 0,001$) y 0,41 ($p < 0,001$), respectivamente. Esto indica que, aunque ambos coeficientes están directamente relacionados con la eficiencia del sujeto en la percepción de las trayectorias, la anticipación de la toma de decisión parece tener un papel mucho más decisivo a la hora de percibir eficientemente las trayectorias de pelotas de fútbol, al menos, cuando se sigue el protocolo utilizado en este estudio.

2. RESULTADOS DIRECTOS FRENTE A RESULTADOS HOMOGENEIZADOS.

En el análisis de los datos se obtuvieron dos tipos de resultados. Por una parte, los resultados "directos", en los que los datos del coeficiente de anticipación procedían de los tiempos totales de trayectorias registrados por el investigador en cada uno de los intentos y, por otra, los resultados "homogeneizados", en los que, a la hora de calcular los coeficientes de anticipación de cada intento, se utilizaron las medias de los tiempos totales de las trayectorias de todos los intentos que fueron a parar al mismo área de caída durante el proceso de toma de datos.

Como se puede ver en la tabla VI, los valores medios homogeneizados del coeficiente de anticipación son muy similares a los "directos", aunque estos últimos estén calculados con los tiempos totales de las trayectorias particulares de cada lanzamiento. Los mejores resultados seguían dándose en la posición frontal ("B"), con 0,329 ($\sigma = 0,134$), frente al 0,332 de los "directos", seguidos de la posición lateral derecha ("A"), con 0,319 ($\sigma = 0,136$), frente al 0,318 de los "directos" y, finalmente, la posición lateral izquierda ("C"), con 0,307 ($\sigma = 0,130$), cuando en los resultados "directos" se obtuvo un valor medio de 0,306 ($\sigma = 0,123$). El coeficiente de anticipación general homogeneizado fue 0,318 ($\sigma = 0,125$), frente al 0,319 ($\sigma = 0,117$) obtenido con los tiempos totales "directos" de la trayectoria. Los datos de valores mínimos indican que existen valores negativos en los coeficientes de anticipación homogeneizados mientras que, por otro lado, los valores máximos también son más elevados. Existe también una mayor dispersión de los datos homogeneizados ($\sigma = 0,125$) frente a los "directos" ($\sigma = 0,117$).

Igual que ocurría con los coeficientes de anticipación, los coeficientes de percepción de las trayectorias homogeneizados son muy similares. Los mejores resultados siguen presentándose en la posición frontal ("B"), con valores medios de 0,256 ($\sigma = 0,117$), frente al 0,258 de los valores "directos", seguidos de la posición lateral derecha ("A"), con 0,237 ($\sigma = 0,112$), igual que en el caso de los datos "directos" pero con una dispersión mayor ($\sigma = 0,105$), y la lateral izquierda ("C"), con 0,219 ($\sigma = 0,105$), frente al 0,218 ($\sigma = 0,098$) de los datos "directos". El valor medio para el coeficiente de percepción de las trayectorias general homogeneizado fue de 0,237 ($\sigma = 0,101$), frente al 0,238 ($\sigma = 0,094$) obtenido de los valores "directos".

Se vuelve a encontrar una mayor dispersión en los resultados homogeneizados (valores homogeneizados $\sigma = 0,101$, frente al $\sigma = 0,094$ de los resultados directos), resultados negativos en los valores mínimos (valor mínimo homogeneizado = $-0,088$), y valores más elevados en los máximos para resultados homogeneizados (valor máximo homogeneizado = $0,499$, frente a $0,477$ de los valores "directos").

Para determinar si existían diferencias entre los datos "directos" y los homogeneizados, se realizó una comparación de medias a través de un T-test de muestras pareadas y un análisis de correlaciones entre los resultados del coeficiente de anticipación y

el coeficiente de percepción de las trayectorias de los distintos sujetos. Los resultados se pueden ver resumidos en la Tabla VII.

	R	Sig (r)	Diferencia	T	g.l.	Sig (t)
CPT directo – CPT homog.	0,958	0,000	-0,0001	0,061	188	0,951
C.An directo – C.An homog.	0,955	0,000	0,0002	0,098	188	0,922

Tabla VII: Estudio correlacional y T-test para resultados directos y homogeneizados.

Ambos métodos (T-test y coeficiente de correlación producto-momento de Pearson) demuestran que los resultados “directos” y “homogeneizados” son similares y no existen diferencias significativas entre ninguno de los dos coeficientes. Estos datos, unidos a la incongruencia que suponen los valores negativos en algunos de los sujetos y la mayor dispersión de los datos homogeneizados, apoyaron la idea de utilizar únicamente los resultados directos en la discusión de los resultados.

Seguidamente, se pasará a analizar la influencia de las distintas variables independientes registradas sobre la anticipación y la precisión de la toma de decisión en la percepción de las trayectorias, tomando como variables dependientes el coeficiente de anticipación, el coeficiente de aciertos y el coeficiente de percepción de las trayectorias.

3. INFLUENCIA DE LA EDAD EN LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.

Aunque la edad y los distintos coeficientes obtenidos son variables continuas, el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson no parece ser un método óptimo para analizar la relación entre ellas, debido a que la tendencia a la relación directa que existe entre dichas variables en la niñez y la adolescencia, se neutraliza durante la edad adulta y se invierte al final de la edad adulta y en la senectud (Ver figura 35).

La influencia de la edad en la capacidad del individuo para percibir las trayectorias se realizó bajo dos criterios:

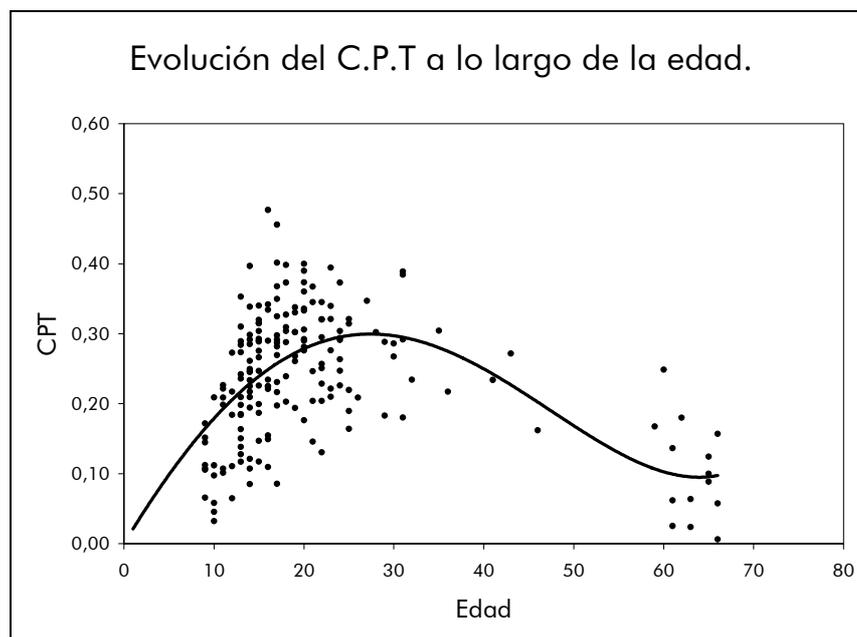


Figura 35: Evolución del coeficiente de percepción de las trayectorias del sujeto en función de la edad.

- Determinando grupos de edad según una clasificación en función de criterios de desarrollo motor (Hahn, 1988).
- Estableciendo bloques de edad con criterios de homogeneidad en cuanto al número de sujetos que componían la muestra.

3.1. SEGÚN EL GRUPO DE EDAD.

Hay que apuntar que, de los 189 sujetos de la muestra, 40 (el 21,2%) fueron niños entre 8 y 13 años, 58 (el 30,7%) adolescentes entre 14 y 17 años, 77 (el 40,7%) adultos entre 18 y 55 años, y 14 (el 7,4%) mayores con más de 55 años.

En las figuras 36 a 38 se pueden ver la representación gráfica de los valores medios y las desviaciones típicas de los coeficientes de anticipación, aciertos y percepción de las trayectorias en función del grupo de edad.

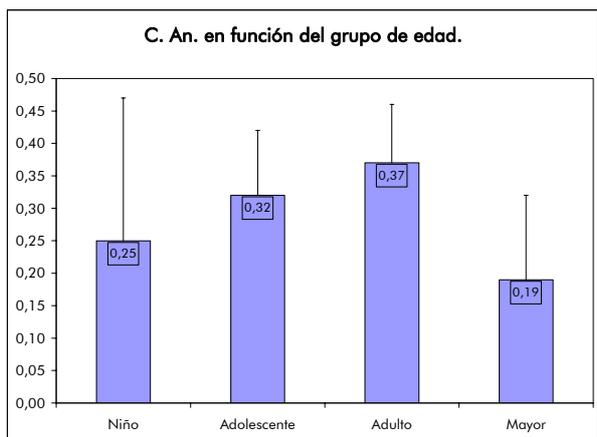


Figura 36: Evolución del coeficiente de anticipación en función del grupo de edad.

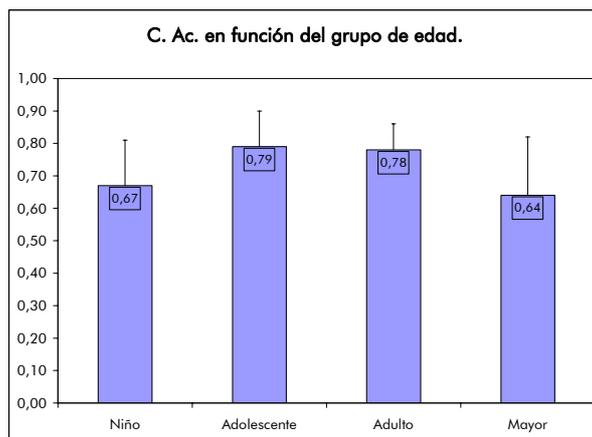


Figura 37: Evolución del coeficiente de aciertos en función del grupo de edad.

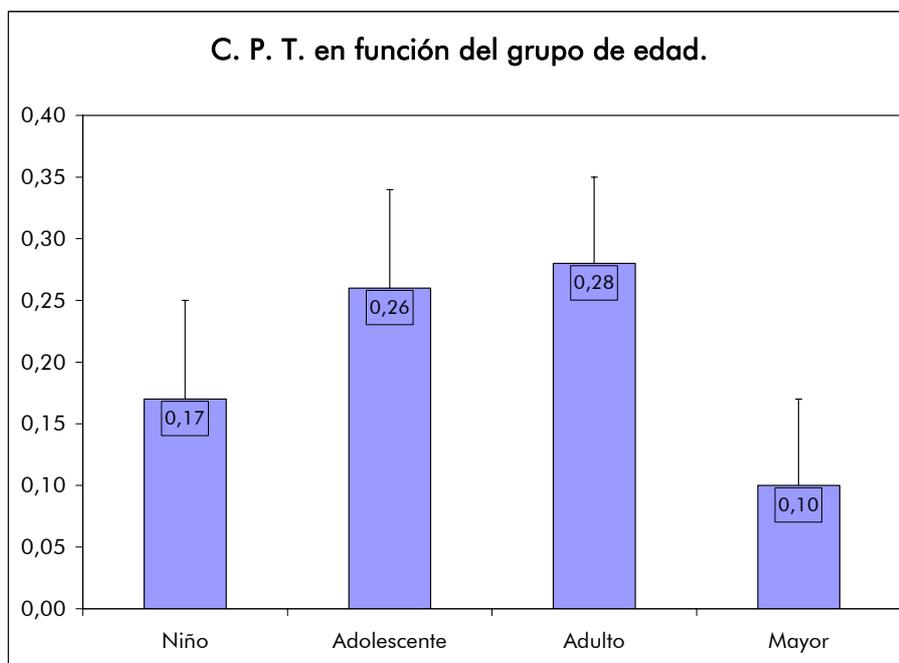


Figura 38: Evolución del coeficiente de percepción de trayectorias en función del grupo de edad.

Tras realizar un ANOVA de cada uno de los coeficientes en función del grupo de edad, se aprecian diferencias significativas, tanto para el coeficiente de anticipación ($F = 18,51; p < 0,05$), como el coeficiente de aciertos ($F = 13,65; p < 0,05$), y el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 36,55; p < 0,05$).

Los datos fueron enviados a un test de comparaciones múltiples Tukey HSD para localizar entre qué grupos se establecían dichas diferencias significativas. Los resultados se pueden ver en la tabla VIII.

	Grupo edad	Niño	Adolescente	Adulto	Mayor
C.An.	Niño	X	Sig, p < 0,05	Sig, p < 0,05	No dif.
	Adolescente	Sig, p < 0,05	X	No dif.	Sig, p < 0,05
	Adulto	Sig, p < 0,05	No dif.	X	Sig, p < 0,05
	Mayor	No dif.	Sig, p < 0,05	Sig, p < 0,05	X
C.Ac.		Niño	Adolescente	Adulto	Mayor
	Niño	X	Sig, p < 0,05	Sig, p < 0,05	No dif.
	Adolescente	Sig, p < 0,05	X	No dif.	Sig, p < 0,05
	Adulto	Sig, p < 0,05	No dif.	X	Sig, p < 0,05
	Mayor	No dif.	Sig, p < 0,05	Sig, p < 0,05	X
C.P.T.		Niño	Adolescente	Adulto	Mayor
	Niño	X	Sig, p < 0,05	Sig, p < 0,05	Sig, p < 0,05
	Adolescente	Sig, p < 0,05	X	No dif.	Sig, p < 0,05
	Adulto	Sig, p < 0,05	No dif.	X	Sig, p < 0,05
	Mayor	Sig, p < 0,05	Sig, p < 0,05	Sig, p < 0,05	X

Tabla VIII: Diferencias entre coef. de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T) en los distintos grupos de edad. (" $< 0,05$ "=Dif. estadísticamente significativas; "No dif"=Sin dif. estadísticamente significativas).

Vemos que la percepción de las trayectorias (C.P.T), como cualquier otra capacidad perceptiva, va mejorando con la edad, debido a que los sujetos van acumulando experiencia en la tarea. Por otra parte, cuando el individuo se hace mayor, la percepción de las trayectorias empeora, igual que lo hacen otras capacidades perceptivas como la localización visual de objetos comunes en un fondo (Sekuler, y Ball, 1986), la expansión del campo visual (Ball, Beard, Roenker, Miller, y Griggs, 1988), y la dificultad de integrar dos tareas diferentes a la vez que se realiza una acción (Korteling, 1991).

Analizando los datos del coeficiente de anticipación, vemos que los adultos son capaces de tomar la decisión más rápidamente que los adolescentes y que los niños, aunque sólo en el caso de los niños existan diferencias significativas. Los adolescentes son también significativamente más rápidos que los niños.

El grupo de mayores de 55 años es el que toma la decisión más tarde, precisando, para ello, casi el doble de tiempo; sin embargo, estas diferencias sólo son significativas si las comparamos con los adolescentes y los adultos, pero no con los niños.

También es interesante apuntar la gran desviación típica del coeficiente de anticipación en niños. Esta podría deberse a que el rango de edad de este grupo estaba entre los 8 y 13 años. Algunos de los niños más pequeños mostraban mucha inseguridad y esperaban más de lo debido para tomar la decisión, mientras que los más mayores del grupo se mostraban mucho más decididos y confiados desde un principio.

En cambio, si analizamos la precisión de la toma de la decisión (coeficiente de aciertos), vemos que los adolescentes son capaces de tomar decisiones con tanta precisión como los adultos y que, tanto niños como mayores, son significativamente menos eficientes a la hora de determinar el lugar correcto donde caerá la pelota.

En cuanto al coeficiente de percepción de las trayectorias, los adultos son mejores que los adolescentes, éstos mejores que los niños, y los niños mejores que los mayores. Únicamente las diferencias entre adultos y adolescentes no son significativas.

3.2. SEGÚN EL BLOQUE DE EDAD.

Para ver cómo evoluciona la percepción de las trayectorias a lo largo de la vida del individuo, se analizaron de manera transversal los resultados en función de la edad. Para ello, se establecieron bloques de edad homogéneos en función del número de sujetos incluidos en cada rango de edad. El número de sujetos incluido en cada bloque se muestra en la tabla IX.

Los bloques de edad más grandes fueron los de sujetos con edades comprendidas entre 11 y 25 años, y los menos numerosos los niños de 8 a 10 años y los bloques comprendidos entre 26 y más de 56 años.

	Frecuencias	Porcentaje
8 a 10	13	6,9
11 a 13	27	14,3
14 a 16	44	23,3
17 a 18	22	11,6
19 a 21	25	13,2
22 a 25	27	14,3
26 a 30	7	3,7
31 a 40	7	3,7
40 a 55	3	1,6
> 56	14	7,4
Total	189	100,0

Tabla IX: Frecuencias y porcentajes por bloques de edad.

En las figuras 39, 40 y 41, se pueden ver las evoluciones de los valores medios y desviaciones típicas de los coeficientes de anticipación, aciertos y percepción de las trayectorias, respectivamente, en función del bloque de edad.

Se realizó un ANOVA de cada uno de los coeficientes en función del grupo de edad, obteniéndose diferencias significativas tanto para el coeficiente de anticipación ($F = 7,79$; $p < 0,05$), como el coeficiente de aciertos ($F = 6,63$; $p < 0,05$), y el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 15,69$; $p < 0,05$).

Como en el caso de los grupos de edad, los datos fueron enviados a un test de comparaciones múltiples Tukey HSD para localizar entre que bloques de edad se establecían dichas diferencias significativas. Los resultados de dicho análisis se pueden ver en la tabla X.

Vemos que la tendencia de las tres gráficas coincide con la de cualquier otra capacidad perceptiva. Existe una mejora progresiva durante la infancia y la adolescencia (Bower, 1983; Dember, y Warm, 1990; Goldstein, 1993) para, posteriormente, estabilizarse en la edad adulta y, finalmente, declinar cuando comienza la vejez (Orr, 1992; Rosenbloom, y Morgan, 1992).

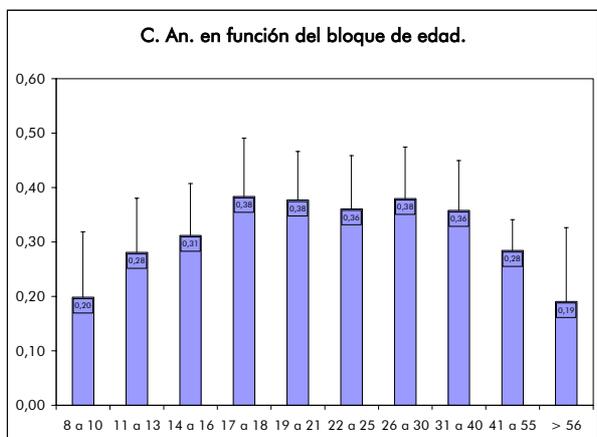


Figura 39: Evolución del coeficiente de anticipación en función del bloque de edad.

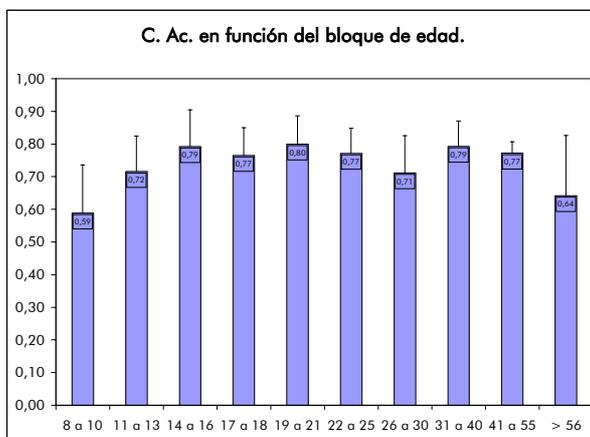


Figura 40: Evolución del coeficiente de aciertos en función del bloque de edad.

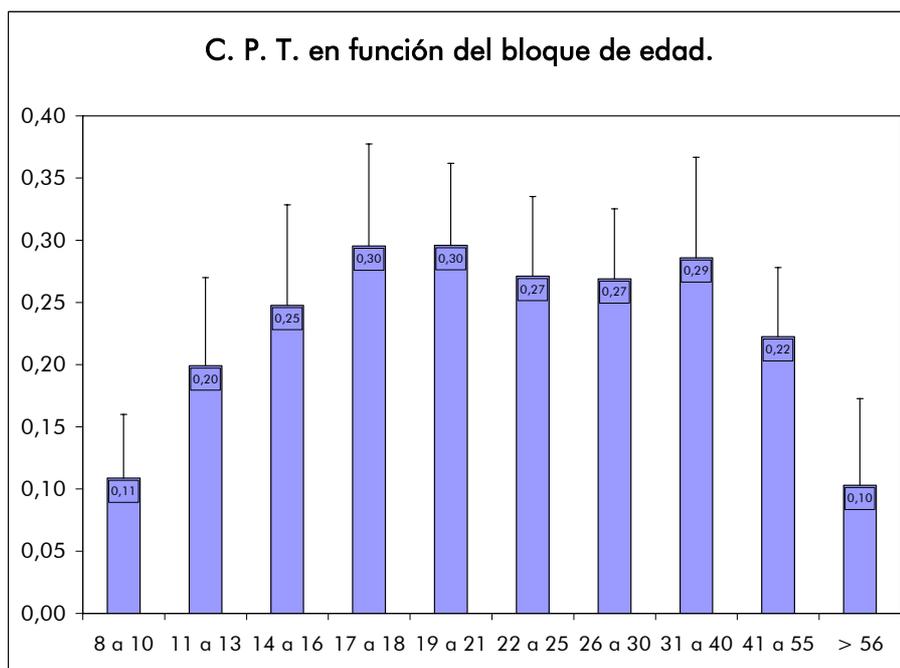


Figura 41: Evolución del coeficiente de percepción de las trayectorias en función del bloque de edad.

Dicha tendencia es más marcada en el caso de la velocidad de la toma de decisión (C. An) y en la percepción de trayectorias en general (C.P.T), que en la precisión de la toma de decisión (C. Ac).

	B. edad	8-10	11-13	14-16	17-18	19-21	22-25	26-30	31-40	40-55	>56
C.An.	8-10	X	No dif	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	No dif	No dif
	11-13	No dif	X	No dif	< 0,05	< 0,05	No dif				
	14-16	< 0,05	No dif	X	No dif	< 0,05					
	17-18	< 0,05	< 0,05	No dif	X	No dif	< 0,05				
	19-21	< 0,05	< 0,05	No dif	No dif	X	No dif	No dif	No dif	No dif	< 0,05
	22-25	< 0,05	No dif	No dif	No dif	No dif	X	No dif	No dif	No dif	< 0,05
	26-30	< 0,05	No dif	X	No dif	No dif	< 0,05				
	31-40	< 0,05	No dif	X	No dif	< 0,05					
	40-55	No dif	X	No dif							
	>56	No dif	No dif	No dif	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	No dif	X
C.Ac.	B. edad	8-10	11-13	14-16	17-18	19-21	22-25	26-30	31-40	40-55	>56
	8-10	X	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	No dif	< 0,05	No dif	No dif
	11-13	< 0,05	X	No dif							
	14-16	< 0,05	No dif	X	No dif	< 0,05					
	17-18	< 0,05	No dif	No dif	X	No dif	< 0,05				
	19-21	< 0,05	No dif	No dif	No dif	X	No dif	No dif	No dif	No dif	< 0,05
	22-25	< 0,05	No dif	No dif	No dif	No dif	X	No dif	No dif	No dif	< 0,05
	26-30	No dif	X	No dif	No dif	No dif					
	31-40	< 0,05	No dif	X	No dif	No dif					
	40-55	No dif	X	No dif							
	>56	No dif	No dif	No dif	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	No dif	No dif	X
C.P.T.	B. edad	8-10	11-13	14-16	17-18	19-21	22-25	26-30	31-40	40-55	>56
	8-10	X	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	No dif	No dif
	11-13	< 0,05	X	No dif	< 0,05	< 0,05	< 0,05	No dif	No dif	No dif	< 0,05
	14-16	< 0,05	No dif	X	No dif	< 0,05					
	17-18	< 0,05	< 0,05	No dif	X	No dif	< 0,05				
	19-21	< 0,05	< 0,05	No dif	No dif	X	No dif	No dif	No dif	No dif	< 0,05
	22-25	< 0,05	< 0,05	No dif	No dif	No dif	X	No dif	No dif	No dif	< 0,05
	26-30	< 0,05	No dif	X	No dif	No dif	< 0,05				
	31-40	< 0,05	No dif	X	No dif	< 0,05					
	40-55	No dif	X	No dif							
>56	No dif	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	No dif	X	

Tabla X: Diferencias entre coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) para los distintos grupos de la variable bloque de edad.

Según los datos obtenidos, el cénit en la rapidez de la toma de decisión (y en la percepción de las trayectorias en general) llegaría a los 18 años, mientras que la precisión máxima de la toma de decisión se alcanzaría algo antes, entre los 15 y los 16 años. Por otro lado, en la muestra que nos ocupa, el declive en la velocidad de la toma de decisión parece comenzar entre los 40 y 55 años, mientras que en la precisión de la toma de la decisión el empeoramiento se pospone hasta los 55 años.

Los motivos fisiológicos de esta involución con la edad son, todavía, motivo de estudio. Aunque existan muchas diferencias individuales, se ha comprobado que, entre los 25 y los 65 años, el cerebro humano pierde de un 6 a un 7% de su peso. Esto lleva a una degeneración estructural que interfiere en la habilidad cognitiva, la memoria, el aprendizaje, la creatividad y el control de la información sensorial y de la función motora del anciano (Mitchel, 1992).

Las personas mayores tienen peores tiempos de ejecución en tareas sensoriomotoras. Las causas específicas de este hecho se desconocen, aunque podría estar relacionado con la reducción de células nerviosas, la pérdida de velocidad de conducción, el incremento de los umbrales de los receptores sensoriales, los cambios fisico-químicos en las sinapsis y en las "placas motoras" (juntas mioneurales), la disminución de los potenciales de excitación, o el fallo gradual de la capacidad de integración de los centros superiores del cerebro. También podrían influir, de manera secundaria, los problemas de arteriosclerosis que provocan una disminución de flujo sanguíneo en el cerebro y, por lo tanto, un menor aporte de oxígeno al cerebro (Orr, 1992).

Los ojos sufren cambios degenerativos con la edad, y su funcionamiento va empeorando de manera progresiva (Rosenbloom, y Morgan, 1992).

También existe una serie de factores psicológicos y sociales que afectan a la capacidad perceptiva en general de las personas mayores, como son la pérdida de la autoestima y de la postura activa que ha venido desempeñando, hasta entonces, dentro de la sociedad (Orr, 1992).

Sin embargo, la alteración más significativa que se produce es la pérdida de la velocidad de recepción, procesamiento y envío de señales nerviosas. Entre los 30 y los 75 años, se pierde un 10% de la velocidad de conducción nerviosa. También se empeoran los tiempo de reacción y reflejos, sobre todo en los últimos años de vida (Mitchel, 1992).

Según los resultados obtenidos, parece que todos los factores arriba indicados afectan, en mayor medida y a más temprana edad, al coeficiente de anticipación que al coeficiente de aciertos.

4. INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA DEPORTIVA EN LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.

Dentro de la práctica deportiva, se pueden establecer varios criterios para realizar una clasificación de los sujetos de la muestra:

- **La práctica o no de deporte**, la muestra se dividiría en “deportistas” y “sedentarios”.
- **La práctica o no de fútbol**, la muestra se dividiría en “Futbolistas”, “No futbolistas” y “Sedentarios”.
- **El tipo de deporte practicado**, los grupos establecidos fueron Fútbol 11, Fútbol Sala, deportes con pelota, deportes sin pelota y sujetos sedentarios.
- **La experiencia deportiva**, entendida como el número de horas de práctica deportiva acumulada.
- **La posición en el campo**, que podía ser portero, defensa, central o delantero u otra posición, en el caso de practicar otro deporte de pelota distinto del fútbol.
- **La habilidad futbolística**, evaluada por medio del test Juggling-1.

4.1. INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA DE DEPORTE.

Del total de la muestra, 156 sujetos (82,5%) eran practicantes de distintos deportes de manera asidua, participando en competición reglada, y 33 (17,5%) eran sedentarios. En las figuras 41.a a 41.c, se muestran las medias y desviaciones típicas de los coeficientes de anticipación, aciertos y percepción de trayectorias en función de la práctica o no de deporte.

El ANOVA en función de la práctica o no de deporte mostró diferencias significativas para el coeficiente de aciertos ($F = 15,51$; $p < 0,05$) y el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 5,42$; $p < 0,05$), pero no para el coeficiente de anticipación ($F = 1,02$; $p = 0,31$).

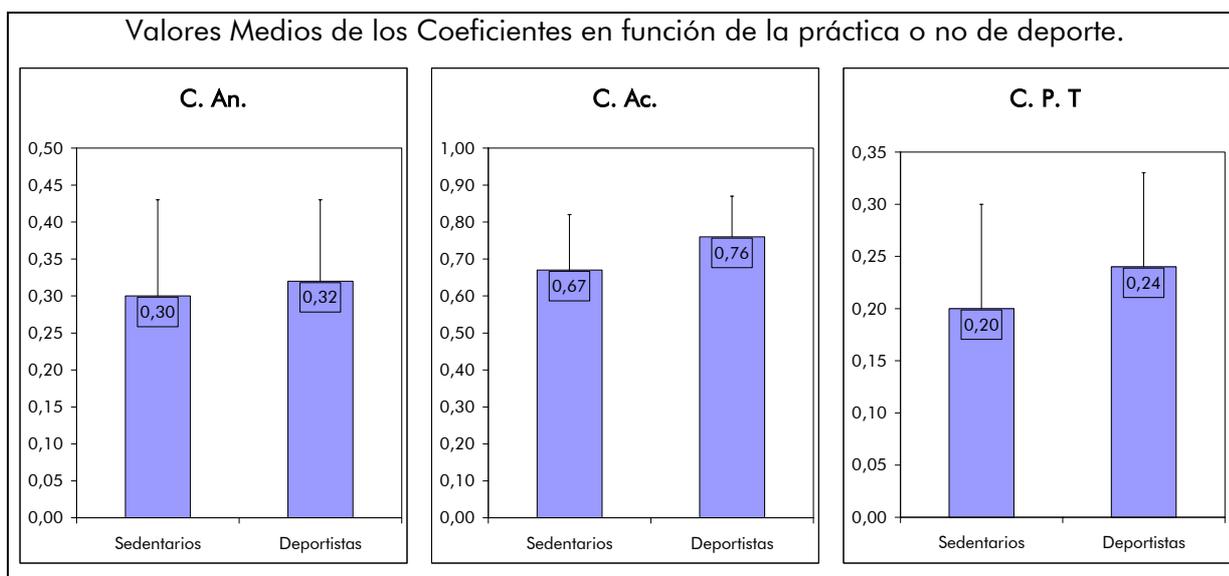


Figura 41a, 41b y 41c: Influencia de la práctica o no de deporte en los coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.).

Estos resultados parecen indicar que la razón de la mayor capacidad para percibir trayectorias de los deportistas no es una mayor capacidad perceptiva general, la cual se pondría de manifiesto con una mayor anticipación de la toma de decisión, sino que podría estar fundamentada en una mayor eficacia en la toma de decisión precedente, probablemente, de la experiencia previa proporcionada por la práctica deportiva. Los deportistas no tienen unas habilidades visuales superiores a los sedentarios (Christenson, y Winkelstein, 1988); sin embargo, son capaces de interpretar mejor la información visual de la

que disponen y actuar de una manera más eficaz que los sedentarios (Butterfield, y Loovis, 1993; Abernethy, 1990a).

A partir de estos resultados, habría que determinar si cualquier práctica deportiva mejora la percepción de las trayectorias, o si es la práctica de deportes de pelota en general, o del fútbol en particular, el factor que mejora la percepción de las trayectorias de pelotas de fútbol. Esta cuestión será analizada en los puntos 4.2 y 4.3.

4.2. INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA DEL FÚTBOL.

El 34,9% de individuos de la muestra (66 sujetos) practicaban fútbol 11 o fútbol sala, el 47,6% (90 sujetos) eran deportistas practicantes de un deporte distinto del fútbol, y el 17,4% (33 sujetos) eran sedentarios.

En las figuras 42 a 44 se pueden ver representados los valores medios de los diferentes coeficientes estudiados, en función de la práctica o no de fútbol.

Se obtuvieron diferencias significativas para el coeficiente de aciertos ($F = 10,27$; $p < 0,05$) y el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 3,54$; $p < 0,05$) en función de la práctica o no de fútbol, pero no para el coeficiente de anticipación ($F = 0,51$; $p = 0,60$). Los resultados del test de comparaciones múltiples Tukey HSD se pueden ver en la Tabla XI.

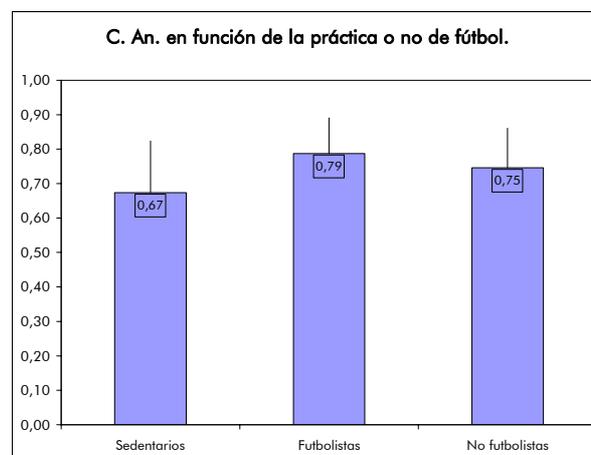
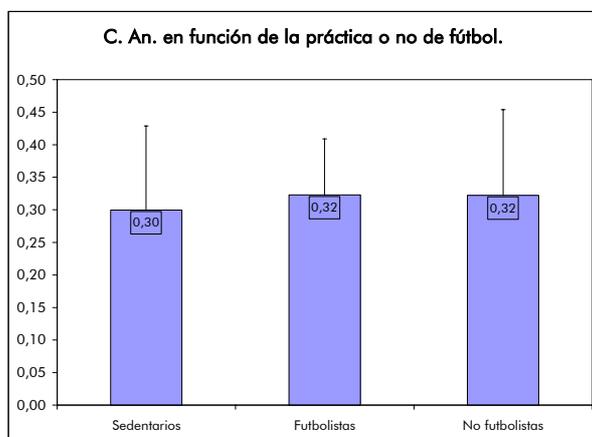


Figura 42: Evolución del coeficiente de anticipación en función de la práctica del fútbol.

Figura 43: Evolución del coeficiente de aciertos en función de la práctica del fútbol.

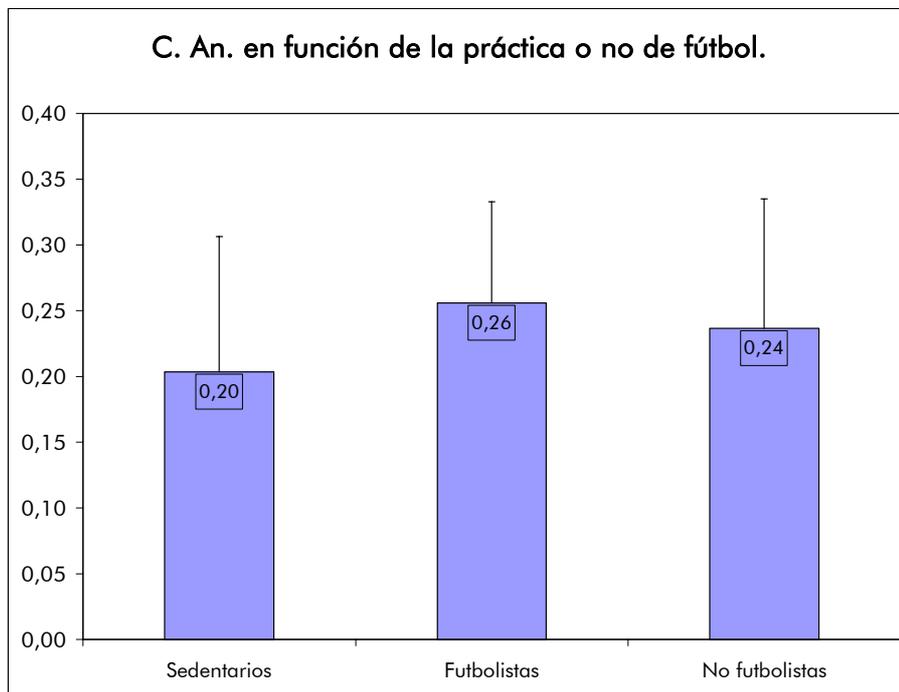


Figura 44: Evolución del coeficiente de percepción de las trayectorias en función de la práctica o no de fútbol.

C.An.		Sedentarios	Futbolistas	No Futbolistas
	Sedentarios	X	No dif.	No dif.
	Futbolistas	No dif.	X	No dif.
	No Futbolistas	No dif.	No dif.	X
C.Ac.		Sedentarios	Futbolistas	No Futbolistas
	Sedentarios	X	Sig, p < 0,05	Sig, p < 0,05
	Futbolistas	Sig, p < 0,05	X	No dif.
	No Futbolistas	Sig, p < 0,05	No dif.	X
C.P.T.		Sedentarios	Futbolistas	No Futbolistas
	Sedentarios	X	Sig, p < 0,05	No dif.
	Futbolistas	Sig, p < 0,05	X	No dif.
	No Futbolistas	No dif.	No dif.	X

Tabla XI: Diferencias entre coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) para los distintos grupos de la práctica o no de fútbol.

Estos datos vuelven a indicar que la práctica del fútbol, como ocurría con la práctica del deporte en general, parece mejorar la eficacia de la toma de decisión, pero únicamente si los comparamos con sujetos sedentarios. La práctica del fútbol no parece estar relacionada con la velocidad con que se realiza la toma de decisión.

4.3. INFLUENCIA DEL TIPO DE DEPORTE PRACTICADO.

Se pueden clasificar los deportes en función de su utilización o no de cualquier tipo de pelota. Además, en el caso que nos ocupa, parece interesante diferenciar entre el fútbol y el fútbol sala, dentro de los deportes con pelota. Por lo tanto, se analizará la influencia del tipo de deporte practicado desde dos puntos de vista:

- Diferenciando entre deportes con y sin pelota.
- Diferenciando el fútbol y el fútbol sala de los demás deportes con o sin pelota.

4.3.1. DIFERENCIAS ENTRE DEPORTES CON Y SIN PELOTA.

Haciendo un recuento de los sujetos de la muestra, vemos que 99 de ellos (un 52,4%) practicaban un deporte con pelota (principalmente fútbol, fútbol sala y tenis), 57 (el 30,2%) practicaban algún deporte sin pelota (los más frecuentes fueron atletismo, gimnasia y musculación) y 33 (el 17,5%) eran sedentarios. Las figuras 45, 46 y 47 reflejan los valores de los distintos coeficientes estudiados en función del tipo de deporte practicado según esta clasificación.

Vemos que los valores más altos en todos los coeficientes fueron para los deportistas con pelota, seguidos de los deportistas sin pelota, y los peores resultados pertenecían a los sujetos que no realizaban ningún tipo de deporte.

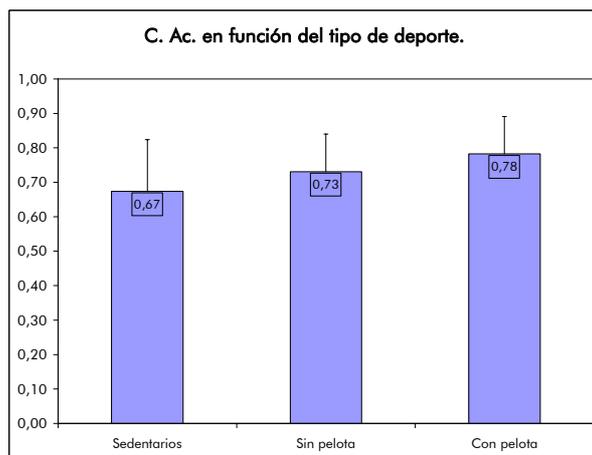
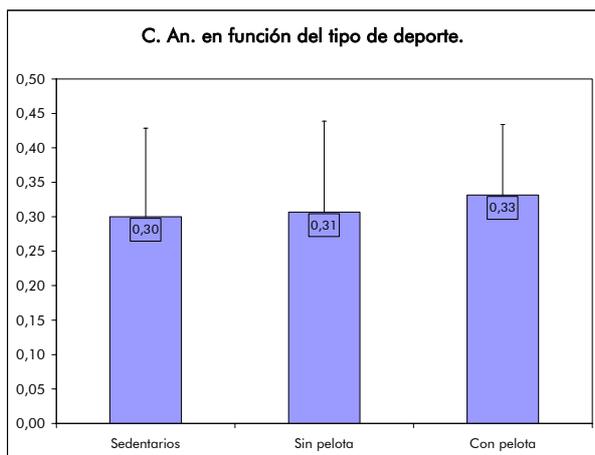


Figura 45: Evolución del coeficiente de anticipación en función del tipo de deporte practicado (con o sin balón).

Figura 46: Evolución del coeficiente de aciertos en función del tipo de deporte practicado (con o sin balón).

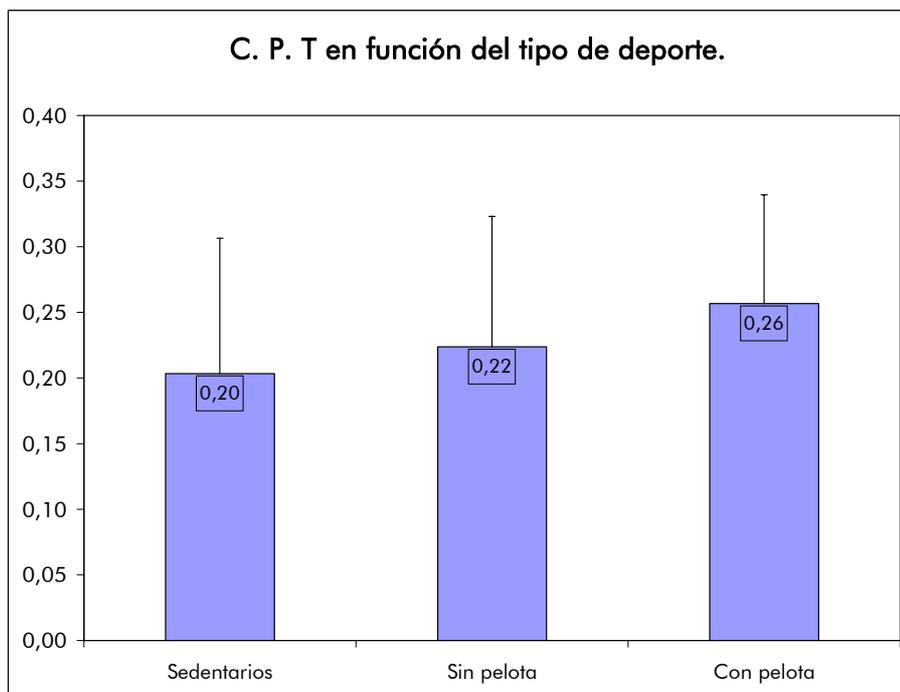


Figura 47: Evolución del coeficiente de percepción de las trayectorias en función del tipo de deporte practicado (con o sin balón).

El análisis de la varianza no mostró diferencias significativas en las medias de los coeficientes de anticipación ($F = 1,33$; $p = 0,27$), pero sí en el caso de los coeficientes de aciertos ($F = 11,52$; $p < 0,05$) y el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 5,12$; $p < 0,05$). En la tabla XII se pueden ver los resultados del test de comparaciones múltiples Tukey HSD, que determina las diferencias significativas entre cada uno de los grupos.

C.An.		Sedentarios	D. sin pelota	D. con pelota
	Sedentarios	X	No dif.	No dif.
	D. sin pelota	No dif.	X	No dif.
	D. con pelota	No dif.	No dif.	X
C.Ac.		Sedentarios	D. sin pelota	D. con pelota
	Sedentarios	X	No dif.	Sig, $p < 0,05$
	D. sin pelota	No dif.	X	Sig, $p < 0,05$
	D. con pelota	Sig, $p < 0,05$	Sig, $p < 0,05$	X
C.P.T.		Sedentarios	D. sin pelota	D. con pelota
	Sedentarios	X	No dif.	Sig, $p < 0,05$
	D. sin pelota	No dif.	X	No dif.
	D. con pelota	Sig, $p < 0,05$	No dif.	X

Tabla XII: Diferencias entre coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) en función del tipo de deporte (con o sin balón).

De nuevo, los resultados apuntan a que la práctica de deportes con pelota mejora la eficacia en la calidad de la toma de la decisión, pero no en la anticipación de la misma. Dicha mejora se hace patente únicamente entre los deportistas con pelota y los sujetos sedentarios, por lo tanto, se podría afirmar que la práctica del deporte, en general, mejora únicamente la eficiencia del sujeto a la hora de tomar la decisión.

4.3.2. DIFERENCIAS ENTRE EL FÚTBOL Y LOS DEMÁS DEPORTES.

De los 189 sujetos de la muestra, 33 eran sedentarios (el 17,5%), 57 practicaban deportes sin pelota (el 30,2%), 33 deportes con pelota diferentes del fútbol (el 17,5%), 31 practicaban fútbol (el 16,4%), y 35 fútbol sala (el 18,5%).

En las figuras 48 a 50 se muestran los valores medios y desviaciones típicas de los coeficientes de anticipación, aciertos y percepción de las trayectorias según esta clasificación.

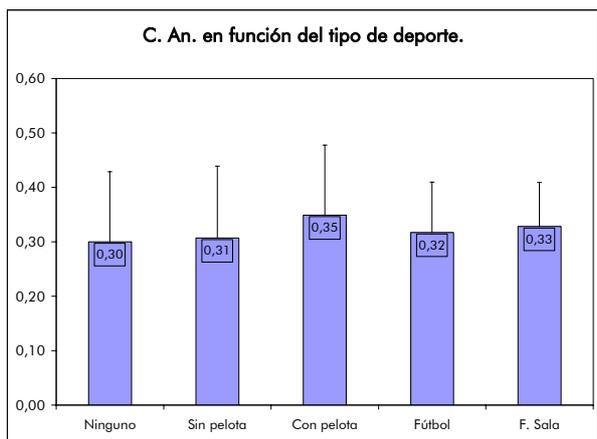


Figura 48: Evolución del coeficiente de anticipación en función del tipo de deporte practicado.

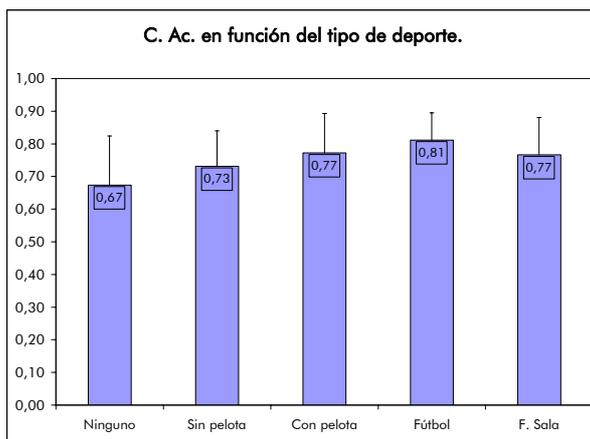


Figura 49: Evolución del coeficiente de aciertos en función del tipo de deporte practicado.

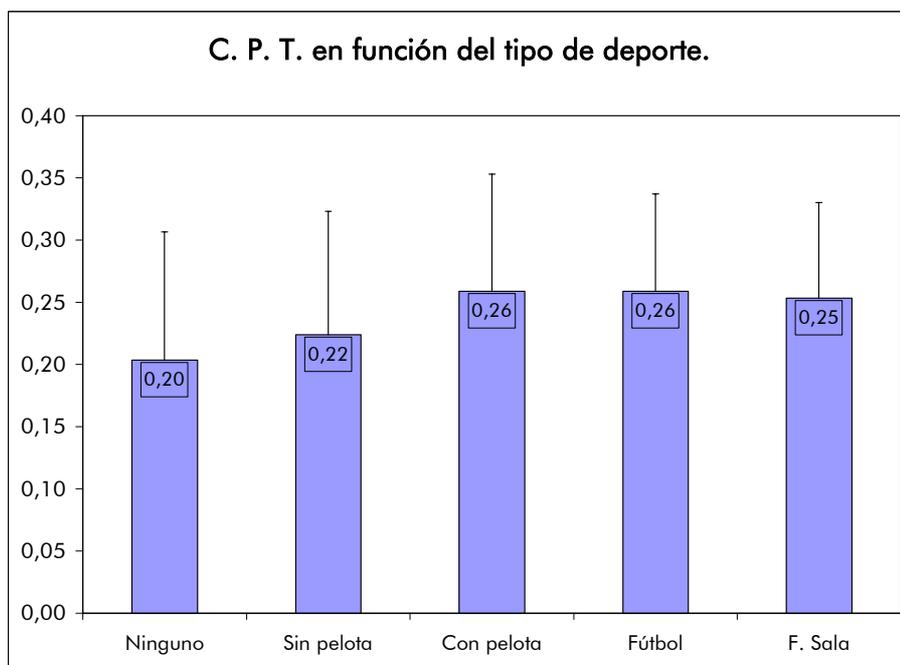


Figura 50: Evolución del coeficiente de percepción de las trayectorias en función del tipo de deporte practicado.

Un ANOVA de los distintos coeficientes en función del tipo de deporte practicado mostró diferencias significativas para el coeficiente de aciertos ($F = 6,49$; $p < 0,05$), y diferencias algo más moderadas, pero significativas, para el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 2,56$; $p < 0,05$). Sin embargo, no se obtuvieron diferencias significativas para el coeficiente de anticipación ($F = 0,97$; $p = 0,43$).

Los resultados del test de comparaciones múltiples Tukey HSD se pueden ver en la Tabla XIII.

		Ninguno	Sin pelota	Con pelota	Fútbol	Fútbol Sala
C.An.	Ninguno	X	No dif.	No dif.	No dif.	No dif.
	Sin pelota	No dif.	X	No dif.	No dif.	No dif.
	Con pelota	No dif.	No dif.	X	No dif.	No dif.
	Fútbol	No dif.	No dif.	No dif.	X	No dif.
	Fútbol Sala	No dif.	No dif.	No dif.	No dif.	X
C.Ac.		Ninguno	Sin pelota	Con pelota	Fútbol	Fútbol Sala
	Ninguno	X	No dif.	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05
	Sin pelota	No dif.	X	No dif.	p < 0,05	No dif.
	Con pelota	p < 0,05	No dif.	X	No dif.	No dif.
	Fútbol	p < 0,05	p < 0,05	No dif.	X	No dif.
	Fútbol Sala	p < 0,05	No dif.	No dif.	No dif.	X
C.P.T.		Ninguno	Sin pelota	Con pelota	Fútbol	Fútbol Sala
	Ninguno	X	No dif.	No dif.	No dif.	No dif.
	Sin pelota	No dif.	X	No dif.	No dif.	No dif.
	Con pelota	No dif.	No dif.	X	No dif.	No dif.
	Fútbol	No dif.	No dif.	No dif.	X	No dif.
	Fútbol Sala	No dif.	No dif.	No dif.	No dif.	X

Tabla XIII: Diferencias entre coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) para los distintos grupos en función del tipo de deporte practicado.

Estos resultados volverían a apoyar la idea de que el único beneficio que produce la práctica de deportes de pelota, en cuanto a la percepción de las trayectorias se refiere, es una mayor eficacia a la hora de la toma de decisión, pero no existe una ventaja en cuanto a la anticipación de la toma de la decisión.

Veamos, antes de analizar estos resultados recurrentes, cómo influye la experiencia deportiva acumulada del sujeto a lo largo de su vida en la percepción de las trayectorias.

4.4. INFLUENCIA DE LA EXPERIENCIA DEPORTIVA ACUMULADA.

Los sujetos de la muestra practicaban una media de 5,14 horas de actividad física a la semana ($\sigma = 3,43$ horas/semana). Los valores se encontraban dentro de un rango de 0 a 15 horas/semana. Por otro lado, la media de antigüedad en la práctica deportiva era de 5,82 años ($\sigma = 5,25$ años), estando los valores entre 0 y 34 años.

Según estos datos, la práctica total de actividad deportiva reglada de los sujetos de la muestra estuvo entre 0 y 12.750 horas, siendo el valor medio de 1.898 horas ($\sigma = 2157$ horas).

El coeficiente de correlación de Pearson, al igual que ocurría con la edad, vuelve a no ser apropiado para estudiar la relación entre la experiencia deportiva y la percepción de las trayectorias. Los sujetos de mayor edad tienen una gran experiencia acumulada pero han iniciado su declive perceptivo. Aunque el número de sujetos de edad superior a los 26 años no era muy grande (26 sujetos), se prefirió dividir la muestra en cuartiles en función de la experiencia deportiva acumulada, para observar la incidencia de esos factores en la percepción de las trayectorias.

En las figuras 51, 52 y 53 se pueden ver las medias de los distintos coeficientes estudiados en función de los cuartiles según la práctica deportiva acumulada.

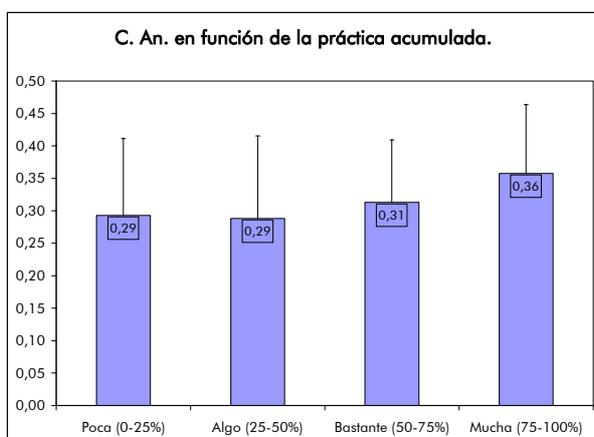


Figura 51: Evolución del coeficiente de anticipación en función de la práctica deportiva acumulada.

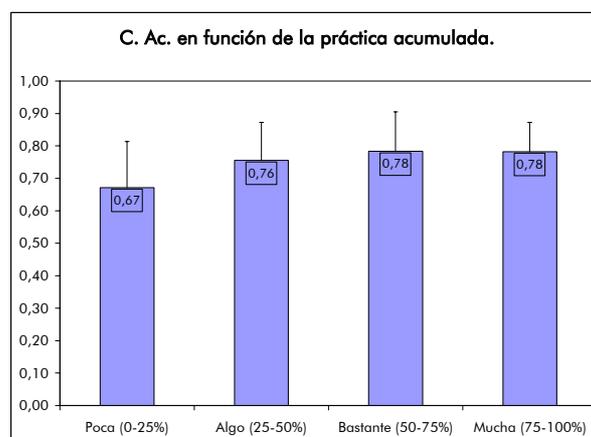


Figura 52: Evolución del coeficiente de aciertos en función de la práctica deportiva acumulada.

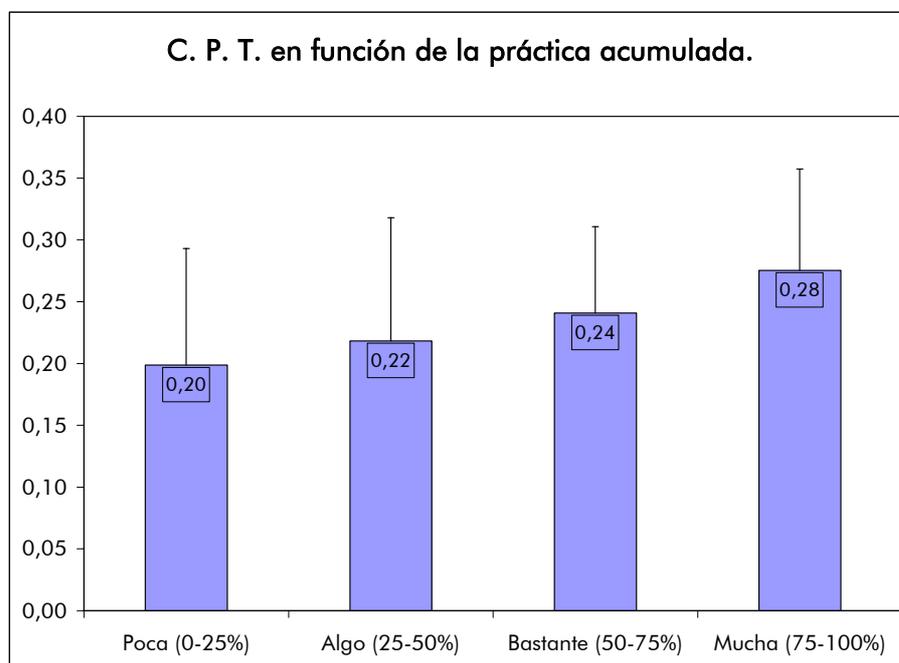


Figura 53: Evolución del coeficiente de percepción de las trayectorias en función de la práctica deportiva acumulada.

Un ANOVA de cada uno de los coeficientes en función de los cuartiles establecidos previamente, localizó diferencias significativas tanto para el coeficiente de anticipación ($F = 8,05$; $p < 0,05$), como el coeficiente de aciertos ($F = 9,71$; $p < 0,05$) y el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 4,75$; $p < 0,05$). Posteriormente se realizó un test de comparaciones múltiples Tukey HSD cuyos resultados se pueden ver en la Tabla XIV.

La clara relación directa que se muestra en la figura 53, viene a confirmar que la percepción de las trayectorias de balones es una habilidad que se mejora con la práctica. Dicha mejora se refleja claramente, tanto en la anticipación como en la precisión de la toma de decisión, sobre todo en los valores extremos (practicantes de mucha actividad frente a los sedentarios), entre los que existen diferencias significativas.

		Poca (0-25%)	Algo (25-50%)	Bast. (50-75%)	Mucha (>75%)
C.An.	Poca (0-25%)	X	No dif.	No dif.	p < 0,05
	Algo (25-50%)	No dif.	X	No dif.	p < 0,05
	Bast. (50-75%)	No dif.	No dif.	X	No dif.
	Mucha (>75%)	P < 0,05	P < 0,05	No dif.	X
C.Ac.		Poca (0-25%)	Algo (25-50%)	Bast. (50-75%)	Mucha (>75%)
	Poca (0-25%)	X	P < 0,05	p < 0,05	p < 0,05
	Algo (25-50%)	P < 0,05	X	No dif.	No dif.
	Bast. (50-75%)	P < 0,05	No dif.	X	No dif.
	Mucha (>75%)	P < 0,05	No dif.	No dif.	X
C.P.T.		Poca (0-25%)	Algo (25-50%)	Bast. (50-75%)	Mucha (>75%)
	Poca (0-25%)	X	No dif.	No dif.	p < 0,05
	Algo (25-50%)	No dif.	X	No dif.	p < 0,05
	Bast. (50-75%)	No dif.	No dif.	X	No dif.
	Mucha (>75%)	P < 0,05	p < 0,05	No dif.	X

Tabla XIV: Diferencias entre coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) para los distintos cuartiles en función de la práctica deportiva acumulada.

4.5. DISCUSIÓN GENERAL SOBRE LA PRÁCTICA DEPORTIVA Y LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.

Los estudios existentes en la literatura sobre la influencia de la experiencia en la práctica deportiva indican casi siempre una mejor capacidad perceptiva en los deportistas expertos, cuando se comparan con deportistas menos expertos y/o sedentarios:

- Tienen un mayor control de los mecanismos de obtención de la información. Así, por ejemplo, un experto realiza fijaciones más largas y precisas y con mayor atención a la bola y el hoyo durante la práctica del golf (Vickers, 1992).
- Se adaptan mejor a las trayectorias anómalas de la bola (Ripoll, y Latiri, 1997).

- Son capaces de simultanear mejor otra actividad mientras realizan una tarea motriz, disminuyendo menos su rendimiento (Smith, y Chamberlin, 1992).
- Actúan de manera más precisa (Oudejans, Michael, y Bakker, 1997; Williams, y Davids, 1998), aunque las capacidades perceptivas sean semejantes (Petrakis, 1981; McLeod, 1987).
- Ejecutan antes la acción, gracias el uso de claves que permiten anticipar la trayectoria de la pelota, como sería el movimiento del brazo en squash (Abernethy, 1990b).

Sin embargo, curiosamente, no todos estos puntos se cumplen en este trabajo. Existen diferencias significativas en la percepción de las trayectorias únicamente entre sujetos deportistas y sedentarios, pero no entre los deportistas: ni entre deportistas con y sin pelota, ni entre futbolistas y el resto de los deportistas.

La única diferencia entre los deportistas con pelota en general, y los futbolistas en particular, con el resto de los deportistas estriba en la precisión con la que toman la decisión sobre dónde va caer la pelota, pero no en la velocidad con la que la toman. Es una diferencia cualitativa, pero no cuantitativa.

La explicación podría estar en la naturaleza peculiar del test utilizado en este trabajo. En la mayoría de los trabajos que se encuentran en la literatura, al sujeto se le solicita realizar un atrape o golpeo de pelota, o una acción encaminada a interceptar un objeto en movimiento (Williams, 1968; Whiting, 1969; Bard, 1973; Savelsbergh, y Whiting, 1988; Abernethy, 1990b; Van der Kamp, Bennett, Savelsbergh, y Davids, 1999). Lo que se evalúa es la precisión y momento de inicio de una acción dirigida hacia el objeto; sin embargo, en nuestro caso:

- El sujeto debe tomar una decisión de carácter puramente cognitivo y no motriz: hacia qué área de caída se dirige el balón para apretar el botón correspondiente.

- La acción no se dirige hacia el objeto, sino hacia un teclado, que está fuera del campo visual del balón.
- La decisión no se puede regular: una vez tomada la decisión, el sujeto no la puede corregir. En los otros estudios, el sujeto puede realizar un ajuste de la decisión durante la trayectoria del objeto.
- La acción es nueva para todos, por lo tanto, no existe experiencia previa en una tarea similar.

En un principio, lo que se pretendía era aislar el componente motriz de la toma de decisión para reducir al mínimo las repercusiones de la velocidad del individuo en los resultados obtenidos. Sin embargo, lo que se ha conseguido es aislar la vía ventral del procesamiento de información (o sistema de percepción), que es la encargada de construir la representación perceptiva del mundo y de los objetos, de la vía dorsal (o sistema de acción), que es la encargada de realizar el control visual de las acciones dirigidas a los objetos del espacio (Goodale, y Miller, 1992; Goodale y Humphrey, 1998).

Esta podría ser la razón de que las diferencias encontradas en otros estudios, entre jugadores expertos y no expertos en deportes de pelota, no se repitan en éste. La práctica de deportes de pelota mejora la eficiencia del sistema de acción, el cual procesa la información visual que llega desde el córtex visual primario hasta córtex parietal posterior (a través de la vía dorsal) para generar estímulos eferentes hacia los músculos para que éstos actúen. Una vez iniciada la acción, el sujeto sigue recibiendo información visual y propioceptiva durante la ejecución de la misma. La experiencia en la tarea le permite hacer los ajustes necesarios para realizarla de una manera eficiente.

En nuestro test, la información visual que el sujeto capta de la pelota en movimiento llega al córtex visual primario y, siguiendo la vía ventral, alcanza córtex infero-temporal donde se interpreta para tomar una decisión de carácter eminentemente cognitivo. Una vez aquí, se debe crear un patrón de respuesta motriz que no podrá regularse con la misma facilidad que en el caso anterior. Al ser una tarea nueva, los sujetos necesitarían muchos intentos de práctica para hacer corresponder, de manera automática, la percepción de que el

balón vaya a caer en una determinada zona de caídas, con el patrón de movimiento necesario para apretar el botón correspondiente.

El sistema de percepción y el flujo de la información a través de la vía ventral, se desarrollaría de manera genérica con la práctica de cualquier actividad deportiva, ya sea de pelota o no. La práctica de deporte sería, por lo tanto, la forma más divertida para que el individuo mejore su capacidad perceptiva general, o sea, la capacidad de manejar e interpretar la información propioceptiva y exteroceptiva que recibe para tomar decisiones de carácter cognitivo. Esto explicaría que los sujetos que practican deporte sean capaces de tomar decisiones más acertadas que los sedentarios frente a situaciones nuevas, pero que no lo hagan de manera más rápida, pues no están habituados a esa tarea en particular.

La experiencia previa es importante a la hora de realizar cualquier tipo de tarea. Hace que disminuya el estrés y aumenta la familiaridad frente la misma, posibilitando al sujeto actuar de manera más eficiente (Forrest, 1988).

4.6. INFLUENCIA DE LA FUNCIÓN DE LA POSICIÓN EN EL CAMPO.

Entre los 66 sujetos que practicaban fútbol y fútbol sala (el 34,9% del total de la muestra), 6 eran porteros (el 9%), 17 defensas (el 25,7%), 19 centrales (el 28,8%), y 24 delanteros (el 36,3%). Del 66,1% restante de la muestra (123 sujetos), 33 sujetos (el 26,8%) jugaban a deportes de pelota y ocupaban distintas posiciones ("otra posición"), y 90 sujetos (el 72,3%) eran sedentarios o practicaban un deporte sin pelota ("ninguno").

En las figuras 54 a 56 se pueden ver las evoluciones de los coeficientes de anticipación, aciertos y percepción de las trayectorias en función de la posición del jugador en el campo.

Por medio de un ANOVA en función de la posición en el campo, se obtuvieron diferencias significativas sólo para el coeficiente de aciertos ($F = 7,79$; $p < 0,05$). Ni el coeficiente de anticipación ($F = 1,12$; $p = 0,35$), ni el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 2,23$; $p = 0,053$), presentaron diferencias significativas en función de la posición del jugador en el campo.

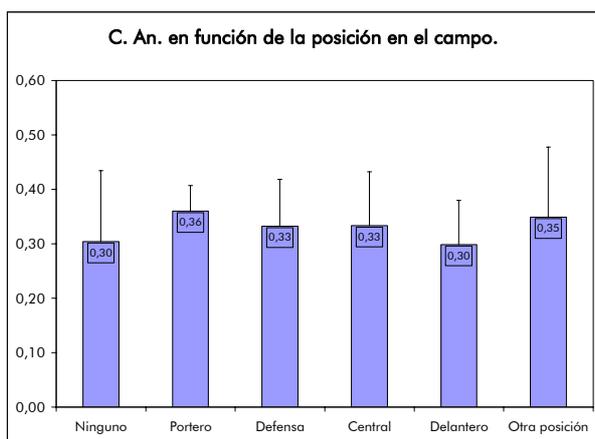


Figura 54: Coeficiente de anticipación en función de la posición en el campo.

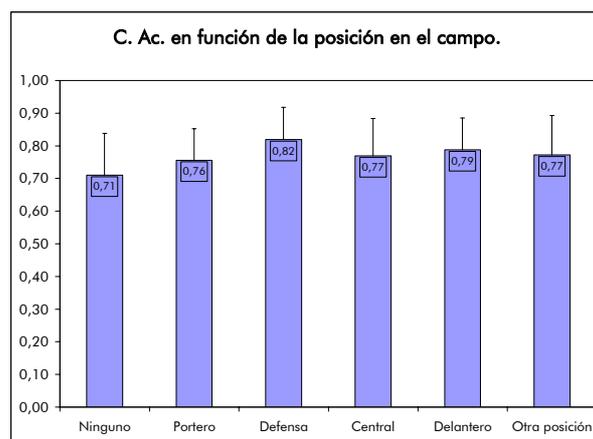


Figura 55: Coeficiente de aciertos en función de la posición en el campo.

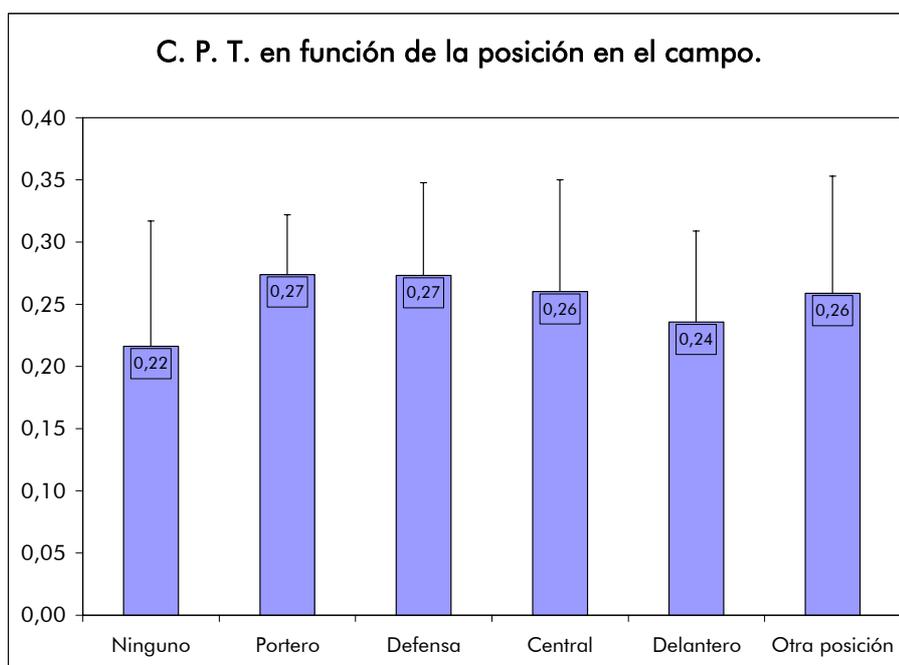


Figura 56: Coeficiente de percepción de las trayectorias en función de la posición en el campo.

Mediante el test de comparaciones múltiples Tukey HSD se encontraron diferencias únicamente entre el coeficiente de aciertos de los sujetos sedentarios y deportistas sin pelota ("Ninguno") y defensas.

Lo primero que llama la atención en estos datos (aunque las diferencias no sean significativas) es que, entre los futbolistas, los valores más elevados en la percepción de las trayectorias sean los de los porteros y los defensas, y los peores, los de los delanteros.

Este hecho vuelve a ser congruente con la teoría de los sistemas de acción y percepción (Goodale, y Miller, 1992). Los porteros y los defensas deben tomar la decisión manteniendo su posición, e iniciar la acción sólo cuando están seguros de dónde irá el balón y qué acción van a realizar. Para estos jugadores, la actitud normal a la hora de juzgar la trayectoria de la bola sería egocéntrica y estática. En cambio, los delanteros comienzan a moverse mucho antes tratando, posteriormente, de ajustar su movimiento al de la trayectoria del balón. En este caso, el balón sería el centro y la acción del jugador se adaptaría continuamente a la trayectoria de la bola.

Según esto, en las acciones normales de juego de los porteros y defensas, estaría más desarrollado el sistema de percepción, que es el que se evalúa principalmente en nuestro procedimiento experimental; mientras que, en el caso de los delanteros, se utilizaría más el procesamiento de la información a través de la vía dorsal (sistema de acción), que permite ajustar mejor los movimientos del sujeto a los de la trayectoria del balón.

4.7. INFLUENCIA DE LA HABILIDAD FUTBOLÍSTICA.

El hecho de no jugar al fútbol de manera reglada, no significa que el sujeto no juegue nunca al fútbol. La práctica del fútbol está muy extendida en los momentos de ocio, sobre todo en niños y adolescentes. Por ello, se decidió realizar el test juggling-1 para determinar la habilidad futbolística del sujeto, como otro indicativo de su experiencia previa jugando al fútbol. La media en el test de Juggling-1 fue de 18 toques ($\sigma = 19,4$ toques), siendo 100 la máxima puntuación en el test.

Posteriormente, se dividió la muestra en cuartiles que determinaban cuatro grupos con "Poca", "Algo", "Bastante" y "Mucha" habilidad futbolística. En las figuras 57, 58 y 59 se muestran los valores medios de dichos cuartiles para los coeficientes de anticipación, aciertos y percepción de las trayectorias.

Se comprobó que existían diferencias significativas, tanto en el coeficiente de anticipación ($F = 3,20$; $p < 0,05$), como en el coeficiente de aciertos ($F = 12,35$; $p < 0,05$) y el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 8,68$; $p < 0,05$) entre los diferentes cuartiles. Los resultados del test Tukey HSD se pueden ver en la tabla XV.

Los datos indican que la habilidad futbolística influye en todos los coeficientes, principalmente entre los sujetos poco hábiles (que coinciden normalmente con los niños, mayores y sedentarios) y el resto.

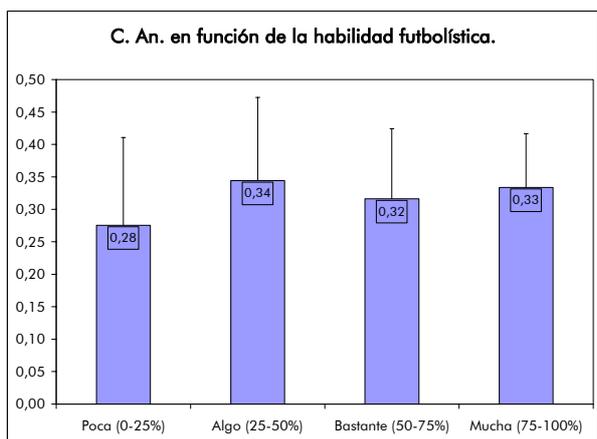


Figura 57: Coeficiente de anticipación en función de la habilidad futbolística.

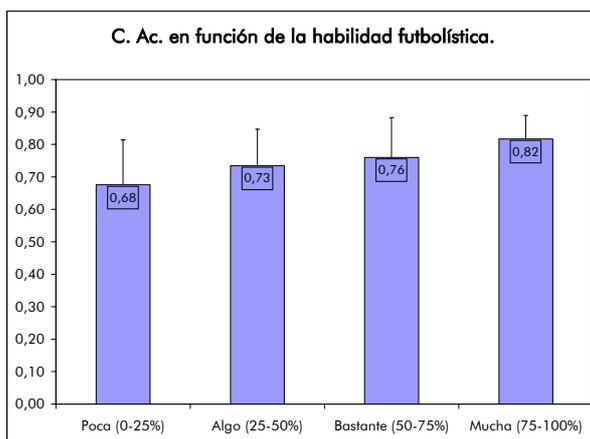


Figura 58: Coeficiente de aciertos en función de la habilidad futbolística.

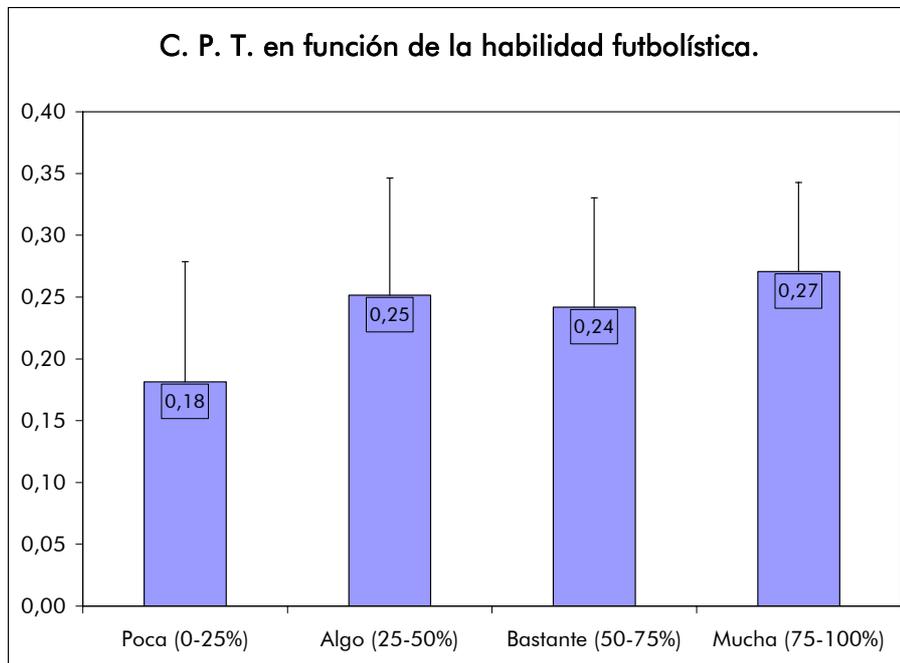


Figura 59: Coeficiente de percepción de las trayectorias en función de la habilidad futbolística.

		Poca (0-25%)	Algo (25-50%)	Bast. (50-75%)	Mucha (>75%)
C.An.	Poca (0-25%)	X	$p < 0,05$	No dif.	No dif.
	Algo (25-50%)	$p < 0,05$	X	No dif.	No dif.
	Bast. (50-75%)	No dif.	No dif.	X	No dif.
	Mucha (>75%)	No dif.	No dif.	No dif.	X
C.Ac.		Poca (0-25%)	Algo (25-50%)	Bast. (50-75%)	Mucha (>75%)
	Poca (0-25%)	X	No dif.	$p < 0,05$	$p < 0,05$
	Algo (25-50%)	No dif.	X	No dif.	$P < 0,05$
	Bast. (50-75%)	$p < 0,05$	No dif.	X	No dif.
	Mucha (>75%)	$p < 0,05$	$P < 0,05$	No dif.	X
C.P.T.		Poca (0-25%)	Algo (25-50%)	Bast. (50-75%)	Mucha (>75%)
	Poca (0-25%)	X	$P < 0,05$	$P < 0,05$	$p < 0,05$
	Algo (25-50%)	$P < 0,05$	X	No dif.	No dif.
	Bast. (50-75%)	$P < 0,05$	No dif.	X	No dif.
	Mucha (>75%)	$p < 0,05$	No dif.	No dif.	X

Tabla XV: Diferencias entre coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) para los distintos cuartiles en función de la habilidad futbolística.

5. INFLUENCIA DE LA VISIÓN EN LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.

Teniendo en cuenta que la variable registrada fue la agudeza visual, el estudio de la influencia de la visión en la percepción de las trayectorias se puede hacer desde dos puntos de vista:

- Considerar el valor de agudeza visual binocular, como criterio para dividir la muestra en cuartiles y ver las diferencias entre los distintos grupos de sujetos.
- Establecer grupos con criterios de calidad de visión, atendiendo a las clasificaciones que se pueden encontrar en la literatura al respecto.

5.1. SEGÚN LA AGUDEZA VISUAL DEL SUJETO.

Los valores del coeficiente de agudeza visual monocular de la muestra fueron de 1,00 para el ojo derecho ($\sigma = 0,44$) y 0,96 para el ojo izquierdo ($\sigma = 0,45$), mientras que el coeficiente binocular medio fue 1,14 ($\sigma = 0,44$). Esto indica que la media de agudeza visual de los sujetos estaba dentro de los valores normales.

Se dividió la muestra en cuatro partes iguales teniendo en cuenta su agudeza visual binocular. Los valores de corte fueron el percentil 25 (A.V. binocular = 0,8), el 50 (A.V. binocular = 1,14) y el 75 (A.V. binocular = 1,45). Las figuras 60 a 62 resumen los valores medios y las desviaciones típicas de los coeficientes de anticipación, aciertos y percepción de las trayectorias en función de la agudeza visual de los sujetos.

Un ANOVA detectó diferencias significativas únicamente en el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 2,75$; $p < 0,05$). Ni para el coeficiente de anticipación ($F = 1,29$; $p = 0,28$), ni para el coeficiente de aciertos ($F = 0,47$; $p = 0,70$) se encontraron diferencias significativas en función de los grupos de agudeza visual establecidos. El test Tukey HSD limitó las diferencias significativas a las existentes entre los coeficientes de percepción de las trayectorias de los sujetos con visión pobre y los de visión excelente.

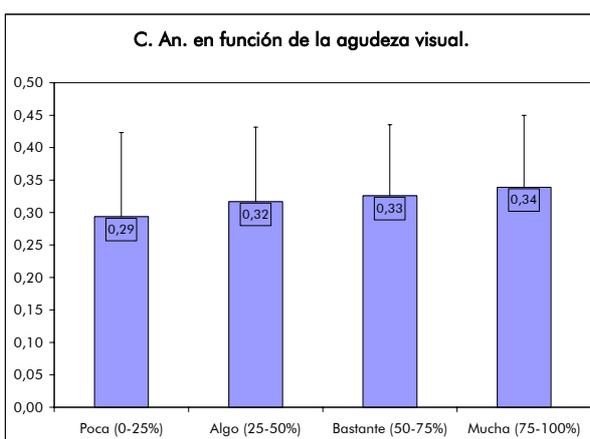


Figura 60: Coeficiente de anticipación en función de la agudeza visual.

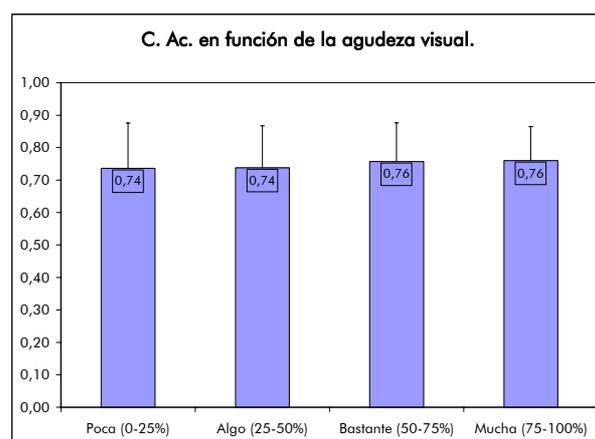


Figura 61: Coeficiente de aciertos en función de la Agudeza visual.

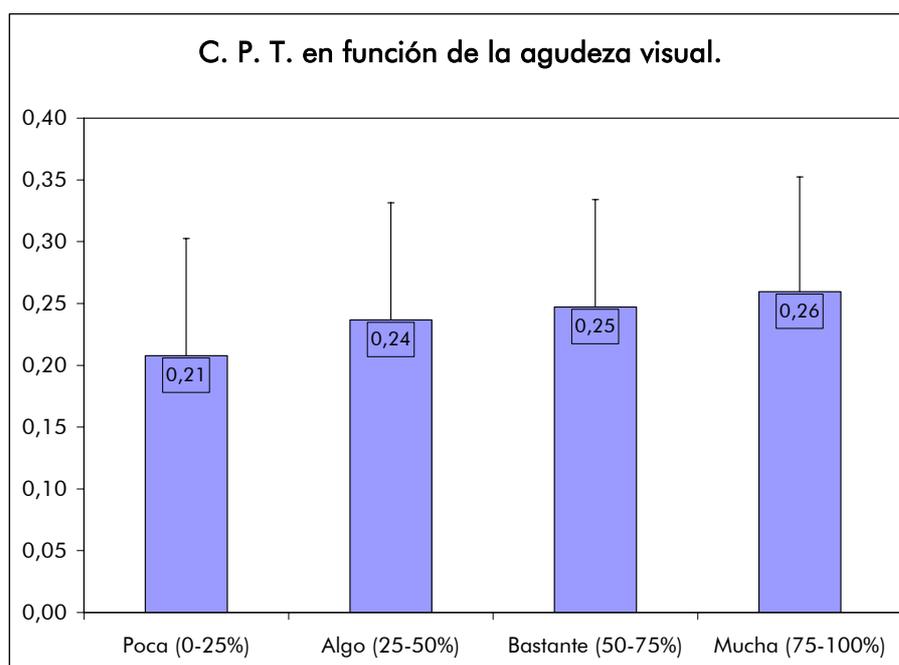


Figura 62: Coeficiente de percepción de las trayectorias en función de la Agudeza visual.

5.2. SEGÚN EL ESTADO DE LA VISIÓN.

La clasificación utilizada según el estado de visión determinó que 27 sujetos de la muestra (el 14,3%) eran amblíopes binoculares, 88 (el 46,6%) tenían una visión normal; 60 (el 31,7%) poseían una visión excelente, y 14 (el 7,4%) eran amblíopes monoculares.

Como se puede ver en la tabla XVI, 132 de los sujetos de la muestra (el 69,8%) no usaban ningún tipo de sistema de corrección visual, 44 (el 23,3%) usaban gafas, y sólo 13 (el 6,93%) eran portadores habituales de lentes de contacto. Por otra parte, es interesante apuntar que 3 de los 13 sujetos que utilizaban habitualmente lentes de contacto (el 23%), y 23 de los 44 que utilizaban gafas (el 52%), no llevaban el sistema de corrección durante el test, al igual que ocurre cuando practican deporte. Uniendo ambos datos, de los 57 sujetos que utilizaban habitualmente lentes de contacto o gafas para corregir sus problemas de visión lejana, solamente 31 (el 54,4%) llevaban dicho sistema de corrección. Durante el test se pidió a los sujetos que portaran el mismo sistema de corrección que utilizaban durante la práctica deportiva, por lo tanto, se puede decir que el 45,6% de los sujetos con problemas visuales

diagnosticados y corregidos, estaban en inferioridad respecto al resto al decidir no llevar ningún sistema de corrección.

			Corrección durante el Test			Total
			Ninguno	Lentes de Contacto	Gafas	
Corrección Habitual	Ninguno	Cuenta	132			132
		% del Total	69,8%			69,8%
	Lentes de Contacto	Cuenta	3	10		13
		% del Total	1,6%	5,3%		6,9%
	Gafas	Cuenta	23		21	44
		% del Total	12,2%		11,1%	23,3%
Total	Cuenta	158	10	21	189	
	% del Total	83,6%	5,3%	11,1%	100,0%	

Tabla XVI: Correspondencia entre el sistema de corrección habitual y el utilizado durante el test.

El 21,7% de los sujetos de la muestra tenían una visión deficitaria (Amblíopes monoculares y binoculares). Esta visión deficiente es algo muy común cuando se hacen estudios con grandes poblaciones en general, y con deportistas en particular.

Estudios publicados por Roncagli (1990), ponían de manifiesto que, entre los deportistas italianos, el 28% tenían una visión por debajo de la norma. El 30% de los sujetos de la muestra no habían pasado nunca un examen visual previo y el 49% de ellos no superaron los valores mínimos durante el estudio.

En cuanto a los deportistas de alto nivel, en los Juegos Olímpicos de verano de Barcelona 1992, el 33% de los atletas estudiados presentaban "dificultades visuales" (Loran, y MacEwen, 1997). Como ejemplo de estudios de este tipo publicados en España, de los 22 jugadores de fútbol alevines del Valencia C.F., se encontró que 10 tenían problemas visuales, y sólo 4 lo sabían (Montes, Bueno, Guillén, Díez, y Candel, 1998).

Probablemente, si se corrigiera la visión de los sujetos con problemas visuales, los resultados en la percepción de las trayectorias mejorarían. Este punto podría ser objeto de un estudio posterior, al igual que el efecto del entrenamiento visual a la hora de proporcionar a

los sujetos las experiencias visuales apropiadas para mejorar su percepción de una manera más rápida.

Toda mejora en el aprendizaje de una tarea pasa por un aumento de la capacidad perceptiva (Dember, y Warm, 1990). En la actualidad, entre los deportistas se está extendiendo el entrenamiento visual, sobre todo en deportes con gran componente perceptivo. El entrenamiento visual consiste en una serie de ejercicios analíticos que mejoran las distintas habilidades visuales (Barraga, 1997). Dichas mejoras, si se combinan con el entrenamiento normal, se pueden transferir a las acciones reales de juego (Reichow, y Stoner, 1993). Ciertos deportistas no pueden entrenar más físicamente, pues provocaría sobrecargas y lesiones, pero sí pueden dedicar unos minutos al día a entrenar su sistema visual, con el fin de mejorar su capacidad perceptiva.

Hoy en día, son muchos los profesionales que se dedican en exclusiva a la mejora de la percepción visual de deportistas. Las tareas de los optometristas deportivos son evaluar el sistema visual de los deportistas, corregir sus deficiencias con la mejor compensación posible, y mejorar su rendimiento mediante el entrenamiento visual. Además, tratan de educar sobre la importancia de la visión y su relación con el rendimiento deportivo, y realizan tareas de prevención y protección de la salud visual (García et al., 1994).

El entrenamiento visual no sólo se realiza en personas con visión normal, sino que también es efectivo en personas con visión deficiente (Swartwout, 1991; Saona, 1989). El sujeto puede aprender a captar más información del medio y a interpretarla mejor en todo tipo de situaciones.

En las figuras 63 a 65 se pueden ver los valores medios y las desviaciones típicas de los coeficientes de anticipación, aciertos y percepción de las trayectorias en función del estado visual del sujeto, observándose los mayores valores para los sujetos con visión correcta o excelente en todos los coeficientes, comparados con los sujetos con mala visión tanto binocular como monocular.

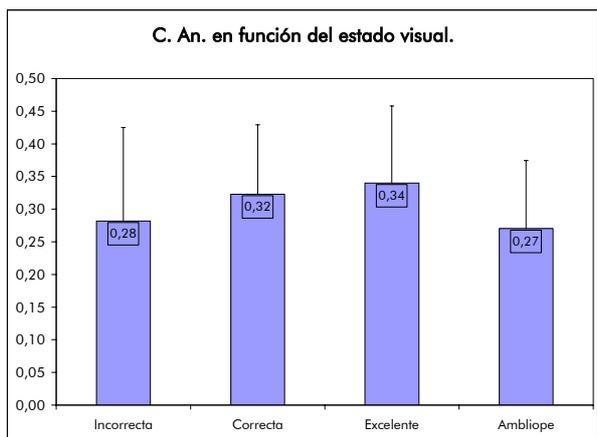


Figura 63: Coeficiente de anticipación en función del estado visual.

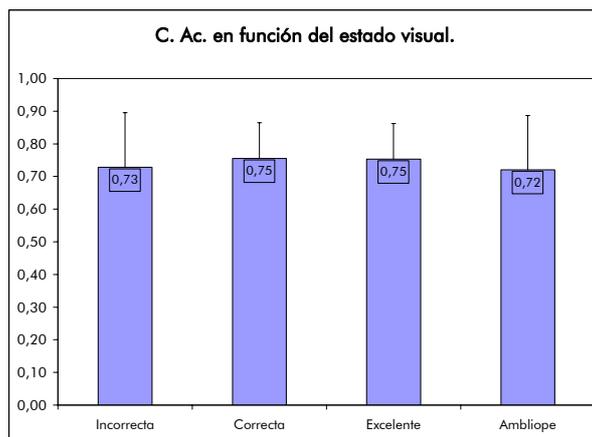


Figura 64: Coeficiente de aciertos en función del estado de visual.

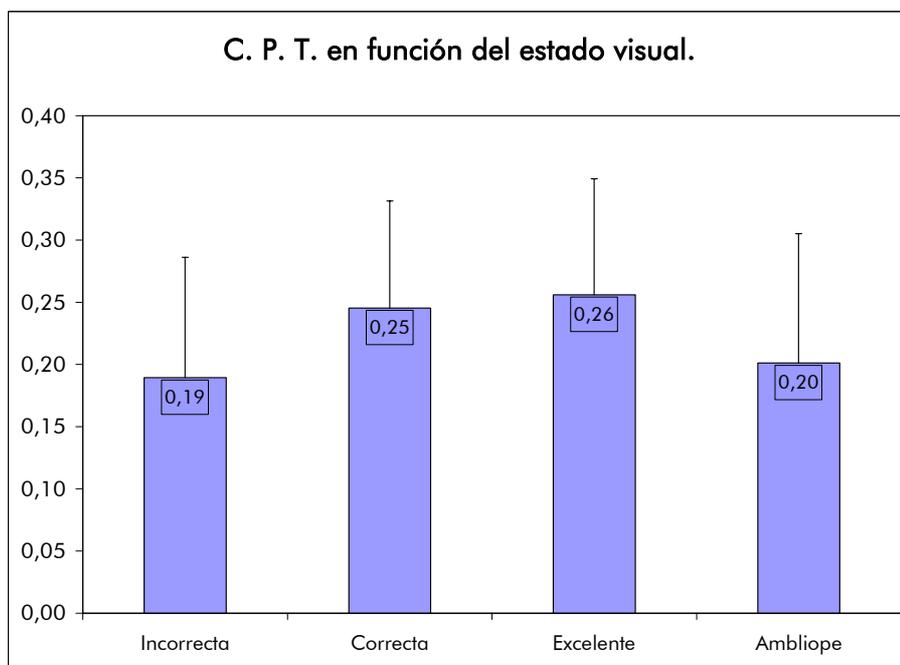


Figura 65: Coeficiente de percepción de las trayectorias en función del estado visual.

El ANOVA de cada uno de los coeficientes en función del estado visual y el test de comparaciones múltiples Tukey HSD, mostraron diferencias únicamente en el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 4,30$; $p < 0,05$), siendo significativas sólo entre los sujetos con visión incorrecta y los de visión excelente, y entre los de visión incorrecta y los de visión correcta. No se comprobó que ni en el coeficiente de anticipación ($F = 2,45$; $p = 0,65$), ni en el coeficiente de aciertos ($F = 0,60$; $p = 0,62$), existieran diferencias significativas en función

del estado visual, probablemente debido al reducido número de sujetos incluidos en el grupo de sujetos con visión incorrecta (27 sujetos) y amblíopes monoculares (14 sujetos).

Es interesante comentar los resultados de los coeficientes de percepción de las trayectorias en función del estado de visión (Figura 65), que representa la eficiencia real del sujeto en la percepción de las trayectorias. Vemos que, aunque los sujetos de visión excelente obtienen los mejores resultados, estos son semejantes a los de sujetos con visión algo peor, pero dentro de los límites de la normalidad. Esto es debido a que una visión excelente no lo es todo a la hora de percibir de manera correcta (Wayne, 1993).

El sujeto debe ser capaz de interpretar de manera adecuada toda la información visual de gran calidad que le llega del objeto e integrarla con otro tipo de información, principalmente de carácter propioceptivo, de los músculos y articulaciones del cuello y del aparato vestibular (Bullock, Grossberg, y Guenther, 1996; Maurer, Kimming, Trefzar, y Mergner, 1997). Incluso se ha demostrado que la integración de sensaciones auditivas mejora la eficiencia de la percepción visual (Effenberg, 2001), y que los ciegos pueden utilizar, mejor que los oyentes, la información auditiva para localizar la posición de los objetos (Lillo, 1993). Si el sujeto escucha la intensidad del golpeo del balón, tendrá información adicional sobre si el golpeo es largo o corto desde el primer momento. En el estudio, esta información auditiva se suprimió, pues la máquina realizaba siempre el mismo ruido cuando proyectaba el balón hacia la zona de caídas.

En los resultados vemos también que los sujetos amblíopes monoculares tienen mejores resultados que los amblíopes binoculares. Esto es así, porque el sujeto amblíope monocular ha ido "aprendiendo" a superar su déficit de visión estereoscópica a lo largo de su vida, y es capaz de compensar la ausencia de informaciones binoculares como, por ejemplo, la convergencia o la paralaje binocular, con otras fuentes de información como pueden ser la acomodación y la paralaje monocular.

6. INFLUENCIA DEL GÉNERO DEL SUJETO EN LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.

Únicamente 18 de los sujetos de la muestra (el 9,5%) eran chicas de diferentes edades. Se decidió no incluir demasiadas chicas en la muestra debido a que los resultados de

varias investigaciones precedentes las chicas mostraban peores resultados en diferentes tareas con pelota como el golpeo (Lee, Fant, Life, Lipe, y Carter, 1978), el lanzamiento (Butterfield, y Loovis, 1993), y el atrape (Lee et al., 1978; Isaacs, 1980; Williams, 1992). De esta forma, no se contaminaban demasiado los resultados con un factor como el sexo, que nos haría dudar si las posibles diferencias se debían a una mayor o menor inclusión de chicas en cada uno de los sub-grupos.

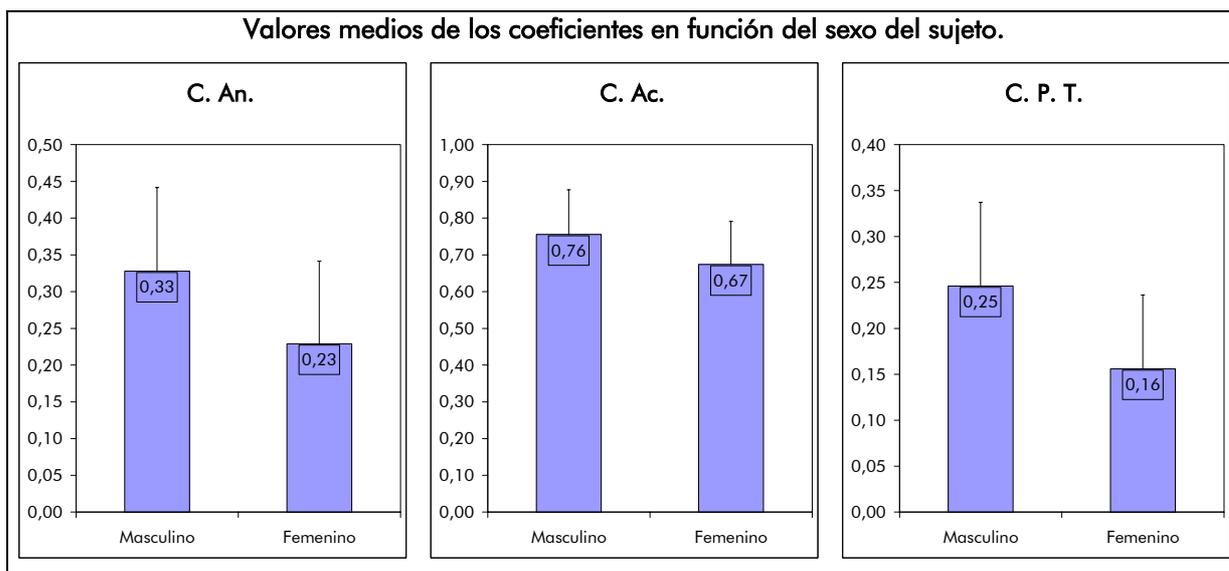
Se realizó el análisis completo de los resultados excluyendo las 18 chicas y los 14 mayores, con el fin de determinar si la inclusión de estos dos pequeños sub-grupos en la muestra definitiva influiría en el análisis general. Se obtuvieron resultados muy semejantes independientemente de si se incluían o no estos sujetos en la muestra general, por lo que se decidió incluirlos en el análisis definitivo.

En las figuras 63a, 63b y 63c se pueden ver las evoluciones de los coeficientes de anticipación, aciertos y percepción de las trayectorias en función del sexo del sujeto.

Tras realizar un ANOVA de cada uno de los coeficientes en función del sexo de los sujetos, se obtuvieron diferencias significativas tanto para el coeficiente de anticipación ($F = 12,31$; $p < 0,05$), como el coeficiente de aciertos ($F = 7,34$; $p < 0,05$) y el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 16,30$; $p < 0,05$). Estas diferencias confirman los resultados de estudios similares en diferentes capacidades perceptivas.

Las razones de estas diferencias podrían ser socioculturales. Vázquez (1993) encontró que sólo un 30% de las mujeres españolas practicaban algún tipo de deporte, mientras los hombres lo realizan en un 47% de los casos. Además, las mujeres practicaban diferentes deportes y juegos que los chicos. Mientras que las mujeres se decantaban por la natación (29%) y la gimnasia (24%), teniendo el baloncesto como tercera opción (11%), los deportes más practicados por los hombres eran el fútbol (33%) y el baloncesto (19%).

Esta diferencia en la cantidad y calidad de práctica deportiva general, y de deportes de pelota en particular, podría ser la causa fundamental de la baja eficiencia de las chicas en la percepción de las trayectorias si se las compara con los chicos estudiados.



Figuras 66a, 66b y 66c: Coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) en función del sexo del sujeto.

La media de edad de las chicas era de 13,2 años frente a los 22,4 de los chicos. Esto, si se tiene en cuenta que la edad es un factor fundamental en la percepción de las trayectorias, podría ser interpretado como un sesgo a la hora de interpretar estos resultados. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el grupo de sujetos mayores de 55 años (mucho menos eficiente que las chicas) era completamente masculino, y que otros factores, como la agudeza visual (valor medio de las chicas 1,27, frente a 1,13 de los chicos) y la iluminación durante el test (2150 lux para las chicas, frente a los 1143 lux que tuvieron los chicos), jugaban a favor de las chicas.

La razón fundamental de las diferencias del grupo estaba en factores como la habilidad futbolística (19,4 toques de media para los chicos, frente a 3,8 de las chicas), el tiempo de reacción visual (0,23 segundos para los chicos, frente a los 0,24 de las chicas), el tiempo motor (0,13 segundos para los chicos, frente a 0,16 de las chicas) y, sobre todo, las horas totales estimadas de práctica de actividad física previa hasta el momento de realización del test (1960 horas de media para los chicos, frente a 1307 horas de media para los chicas).

7. INFLUENCIA DEL TIEMPO DE REACCIÓN VISUAL Y EL TIEMPO MOTOR.

Hay que tener en cuenta que el tiempo de reacción visual y el tiempo motor son variables continuas, las cuales suelen tener relación inversa con la mayoría de las habilidades motrices del sujeto. De tal forma, cuanto mayor sea el valor del tiempo de reacción visual o el tiempo motor, más lenta es la reacción del sujeto y, como consecuencia, será menos hábil desde el punto de vista perceptivo. Por lo tanto, al igual que se hizo con la agudeza visual, se ha dividido la muestra en cuartiles, con el fin de estudiar la influencia de estas dos variables en la percepción de las trayectorias.

7.1. INFLUENCIA DEL TIEMPO DE REACCIÓN VISUAL.

La media del tiempo de reacción visual fue de 0,236 s ($\sigma = 0,003$). El rango estaba entre 0,19 y 0,35 s. Hay que recordar que solamente 118 de los 189 sujetos de la muestra (el 62,4%) pudieron realizar este test por problemas técnicos con el aparato. A pesar de este contratiempo, el número de sujetos parece ser suficiente para sacar conclusiones aisladas de la incidencia del tiempo de reacción visual y el tiempo motor en la percepción de las trayectorias; sin embargo, no se podrán utilizar dichas variables para un posterior análisis multivariable, al no disponer de registros de las mismas en todos los sujetos de la muestra.

Se dividió la muestra en sujetos con una "pobre" reacción visual (hasta 0,25 s), sujetos con reacción "buena" (entre 0,25 y 0,23 s), sujetos con una reacción "muy buena" (entre 0,23 y 0,22 s) y sujetos con una reacción excelente (tiempos de reacción menores de 0,22 s).

Los valores medios y desviaciones típicas de los coeficientes de anticipación, aciertos y percepción de las trayectorias en función del tiempo de reacción visual se pueden ver en las figuras 67, 68 y 69.

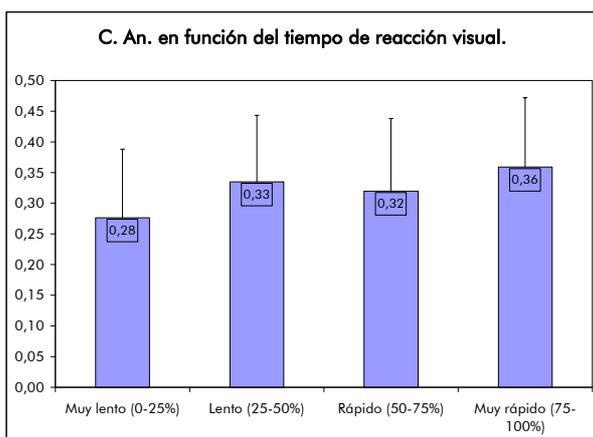


Figura 67: Coeficiente de anticipación en función del tiempo de reacción visual.

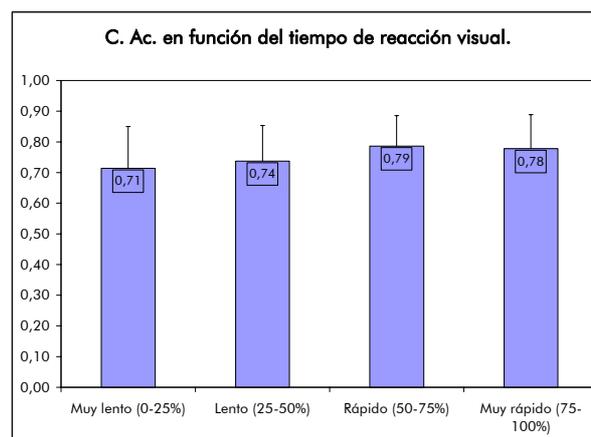


Figura 68: Coeficiente de aciertos en función del tiempo de reacción visual.

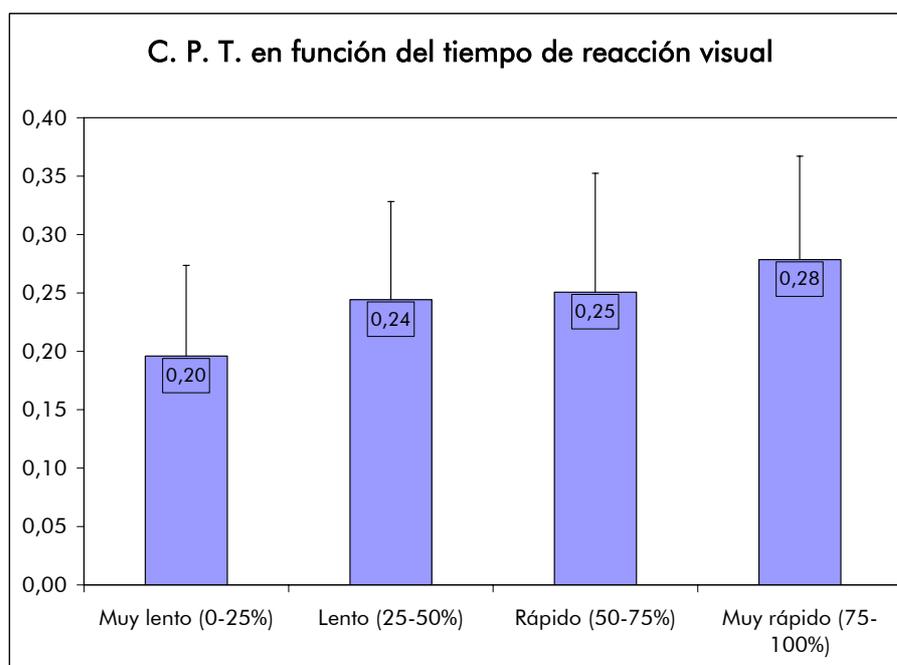


Figura 69: Coeficiente de percepción de las trayectorias en función del tiempo de reacción visual.

El análisis de la varianza de cada uno de los coeficientes en función del tiempo de reacción visual mostró diferencias significativas, tanto para el coeficiente de anticipación ($F = 2,86$; $p < 0,05$), como para el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 4,57$; $p < 0,05$), pero las diferencias no llegan a ser significativas en el caso del coeficiente de aciertos ($F = 2,41$; $p = 0,070$).

El test de comparaciones múltiples Tukey HSD indica diferencias significativas únicamente entre sujetos muy lentos y muy rápidos en el tiempo de reacción visual para el coeficiente de anticipación, y entre sujetos muy lentos y muy rápidos para el coeficiente de percepción de las trayectorias.

Roca (1984) dijo que el tiempo de reacción visual no era importante a la hora de llevar a cabo conductas de intercepción. "El hecho de que las medidas de tiempo de reacción practicadas en el laboratorio no permitan prever el nivel de performance de un sujeto en la mayoría de los juegos de pelota se debe al comportamiento de anticipación" (Kay, 1957; en Roca, 1984). Esto significaría que los deportistas de pelota no precisarían de un buen tiempo de reacción para el golpeo, sino de una perfecta anticipación a la trayectoria del móvil. Esta anticipación mejora con la experiencia y es una adaptación individual a situaciones concretas.

Sin embargo, la tarea que nos ocupa no es una tarea de intercepción como la parada de un balón por un portero, el remate de un delantero o el despeje de un defensa. Ese es el punto clave de todo el estudio y donde, probablemente, reside su originalidad. Un jugador de fútbol, en casi todas las ocasiones (excepto los porteros en los tiros de penaltis) disponen de unas décimas de segundo, del total de la duración de la trayectoria, para refinar la acción que comenzaron cuando tomaron la decisión de actuar.

En la mayoría de los estudios (Williams, 1968; Whiting, 1969; Bard, 1973; Savelsbergh y Whiting, 1988; Abernethy, 1990b; Van der Kamp et al., 1999), el criterio para evaluar la eficiencia del sujeto a la hora de percibir la trayectoria de una pelota, consiste en controlar la efectividad de una determinada acción de golpeo o atrape de la pelota. Son, en definitiva, según Roca (1984), tareas de anticipación coincidente ó intercepción, debido a que el estímulo es variable y no se manifiesta súbitamente. Lo que debe hacer el sujeto es adaptar su respuesta a ese estímulo. En estos casos, es la vía dorsal del sistema visual la que está solicitada (sistema de acción), y permite la adaptación de un patrón de movimiento (más o menos automatizado) a la trayectoria de la pelota.

En cambio, en nuestro test, el diseño experimental transforma la tarea en un tiempo de reacción electiva, donde el número de estímulos posibles es 9, y se estudian, de manera independiente, la capacidad de anticipación y la precisión en la toma de decisión.

En el test no existen, como en otras situaciones reales, claves previas de información como el cuerpo del jugador o la trayectoria de la pierna de golpeo (Jones, y Miles, 1978; Abernethy, 1990b). La máquina hace que súbitamente el balón salga con una trayectoria determinada desde el primer momento. El jugador debe anticipar, por medio de la información visual y lo antes posible, dónde va a caer el balón.

La vía visual más solicitada en este caso es la ventral (sistema de percepción), que es la que "realiza representaciones perceptivas de la disposición de los objetos con propósitos cognitivos" (Goodale, y Humphrey, 1998). Al ser el test una tarea de reacción electiva, el tiempo de reacción simple está directamente relacionado con la misma. Un sujeto que tarde más en reaccionar a un solo estímulo seguirá, por lógica, siendo más lento cuando las posibilidades sean varias.

7.2. INFLUENCIA DEL TIEMPO MOTOR.

La media del tiempo motor fue de 0,134 s ($\sigma = 0,003$). El rango estaba entre 0,08 y 0,23 s. Al igual que en el caso del tiempo de reacción visual, solamente 118 de los 189 sujetos de la muestra pudieron realizar este test por problemas técnicos con el aparato.

Se dividió la muestra en cuatro cuartiles con los sujetos "muy lentos" (tiempos motores entre 0,23 y 0,15 s), "lentos" (entre 0,14 y 0,13 s), "rápidos" (entre 0,12 y 0,11 s) y "muy rápidos" (entre 0,11 y 0,08 s). En las figuras 70 a 72, se pueden ver las medias y las desviaciones típicas de los coeficientes de anticipación, aciertos y percepción de las trayectorias para los cuartiles determinados en función del tiempo motor.

Tras realizar un ANOVA de cada uno de los coeficientes en función del tiempo motor, se obtuvieron diferencias significativas sólo en el coeficiente de aciertos ($F = 3,59$; $p < 0,05$), únicamente entre los sujetos con tiempos motores "muy lentos" y "muy rápidos", pero no se encontraron diferencias significativas en el coeficiente de anticipación ($F = 2,33$; $p = 0,078$), ni en el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 0,62$; $p < 0,61$).

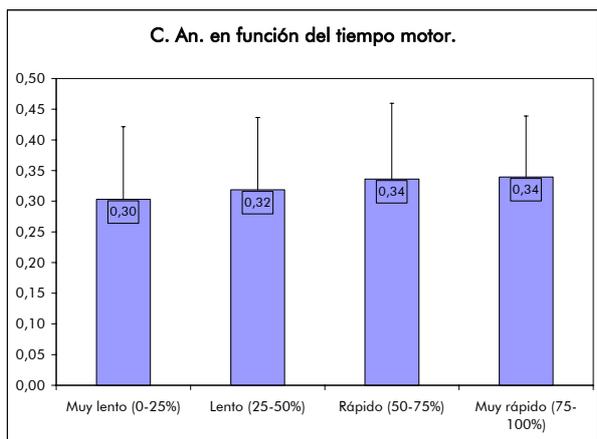


Figura 70: Coeficiente de anticipación en función del tiempo motor.

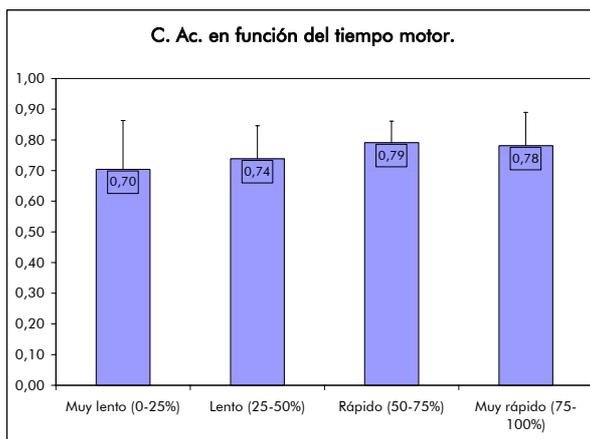


Figura 71: Coeficiente de aciertos en función del tiempo motor.

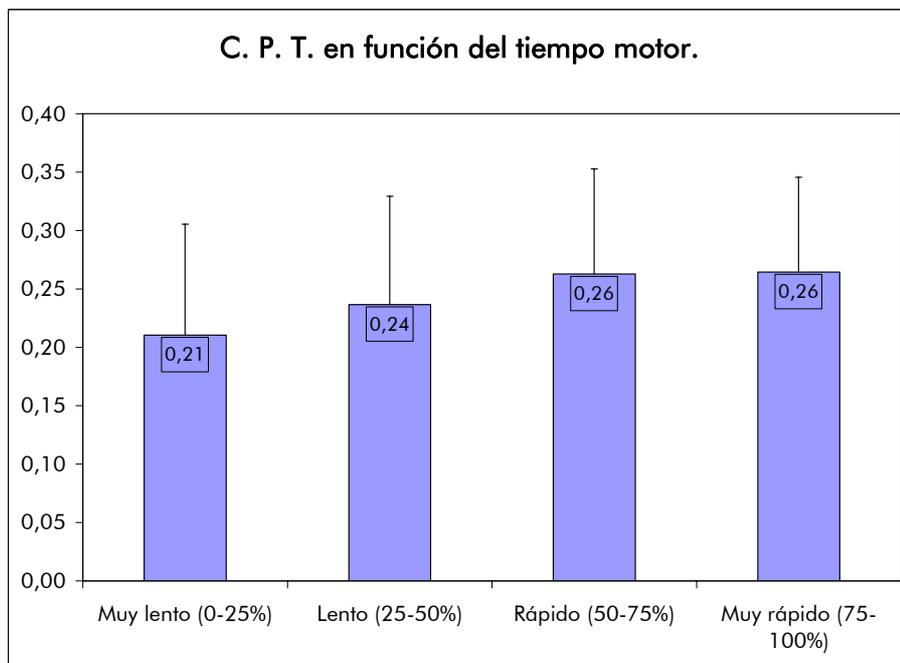


Figura 72: Coeficiente de percepción de las trayectorias en función del tiempo motor.

Aunque de la representación gráfica de los resultados parece deducirse una relación directa entre la velocidad del sujeto y la percepción de las trayectorias, las diferencias entre los cuartiles obtenidos no llegan a ser significativas. Las diferencias entre los cuartiles “lento” y “rápido” son muy escasas debido a la escasa dispersión de los resultados.

En otros test, el sujeto tenía que desplazar todo su cuerpo o parte de él para dirigirlo hacia el punto donde iba la pelota y atrapar, golpear o interceptar la bola (Whiting, 1969;

Savelsbergh, y Whiting, 1988; Van der Kamp et al., 1999). Sin embargo, en este test se ha reducido el movimiento del sujeto al mínimo (pulsar un botón), para que éste no influyera en la estimación de la velocidad de la toma de la decisión.

Esto es una característica que hace al test más sensible a la capacidad que está intentando medir: la percepción visual de las trayectorias. El resultado se independiza de lo rápido que pueda ser el sujeto; esa característica puede ser medida con otros tests mucho más específicos.

8. INFLUENCIA DE LA POSICIÓN DEL SUJETO FRENTE A LA TRAYECTORIA DEL BALÓN.

El sujeto realizaba el test en tres posiciones (Figura 35): "A" (Lateral Izquierda), en la que el balón venía de derecha a izquierda, "B" (Frontal) y "C" (Lateral Derecha), en la que el balón venía de izquierda a derecha.

En la Tabla VI se podían ver detallados los valores medios para los coeficientes de anticipación, aciertos y de percepción de las trayectorias en las distintas posiciones, y en la Figura 70 se pueden ver resumidos gráficamente dichos valores.

Se realizó una comparación de medias a través de un T-Test de muestras pareadas y un análisis de correlaciones entre los resultados de los distintos sujetos para las tres posiciones. Los resultados se pueden ver resumidos en la Tabla XVII. Aunque los coeficientes de correlación en muchos de los casos sean elevados, los T-Test muestran que existen diferencias significativas en la eficacia de los sujetos en la percepción de las trayectorias desde las distintas posiciones.

La razón de las diferencias en función de la posición relativa del sujeto respecto al móvil podrían estar en las fuentes de información en cada uno de los casos. Cuando el balón viene de frente hacia nosotros (posición "B"), se utilizarían como fuentes de información, entre otras, los movimientos oculares, la convergencia y la acomodación monocular o binocular (según el estado visual del sujeto), la tasa de expansión de la imagen retineana ("tau") (Lee et al, 1983), y las sensaciones propioceptivas, principalmente, de los músculos y articulaciones implicados en la extensión del cuello (Bullock et al., 1996).

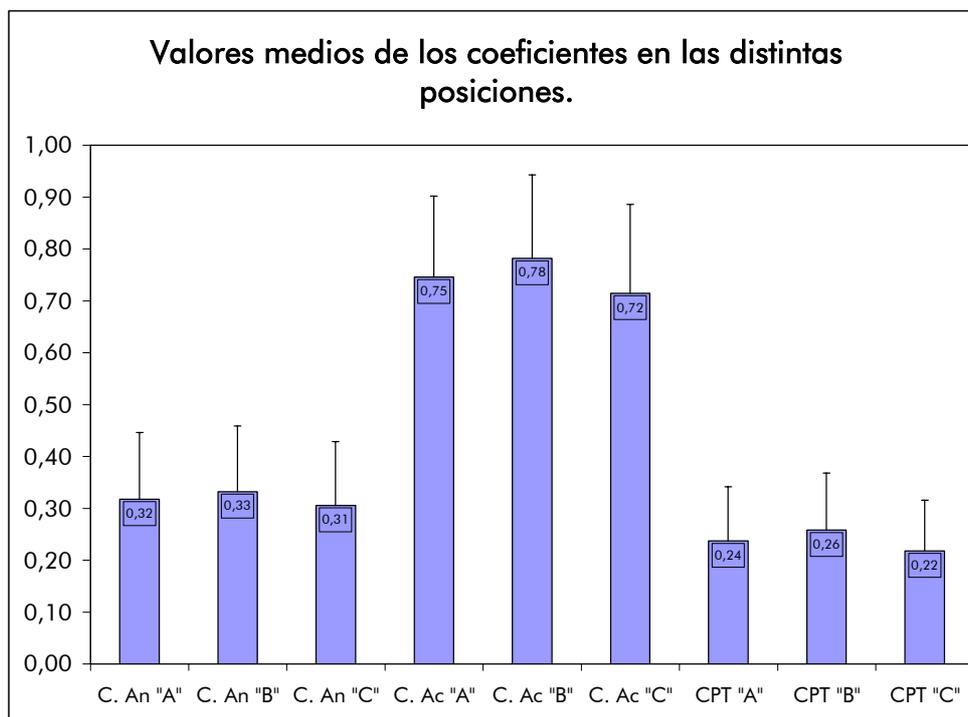


Figura 73: Coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) para las distintas posiciones.

	R	Sig (r)	Diferencia	T	g.l.	Sig (t)
C.An "A" – C.An "B"	0,794	0,000	-0,014	-2,298	188	0,023
C.An "B" – C.An "C"	0,768	0,000	0,026	4,227	188	0,000
C.An "A" – C.An "C"	0,812	0,000	0,012	2,220	188	0,028
C.Ac "A" – C.Ac "B"	0,353	0,000	-0,036	-2,786	188	0,006
C.Ac "B" – C.Ac "C"	0,479	0,000	0,067	5,436	188	0,000
C.Ac "A" – C.Ac "C"	0,258	0,000	0,030	2,096	188	0,037
CPT "A" – CPT "B"	0,727	0,000	-0,021	-3,667	188	0,000
CPT "B" – CPT "C"	0,675	0,000	0,040	6,418	188	0,000
CPT "A" – CPT "C"	0,694	0,000	0,018	3,150	188	0,000

Tabla XVII: Estudio correlacional y T-Test para los resultados de las distintas posiciones.

Si la trayectoria de la pelota es lateral respecto al sujeto, el seguimiento del móvil es más difícil e implica coordinar movimientos de torsión del cuello con otros de extensión, y los

movimientos de vergencia ocular con otros laterales de seguimiento (versiones). Es probable que, cuando el sujeto se encuentra en las posiciones laterales, la combinación de movimientos necesarios para realizar el seguimiento de la bola, sea más confusa y difícil de integrar por parte de los órganos de control central.

9. INFLUENCIA DE LAS DOMINANCIAS EN LA PERCEPCIÓN DE LAS TRAYECTORIAS.

La influencia de las dominancias se puede hacer desde el punto de vista del ojo director, de la mano dominante y de la relación entre ojo director y mano dominante.

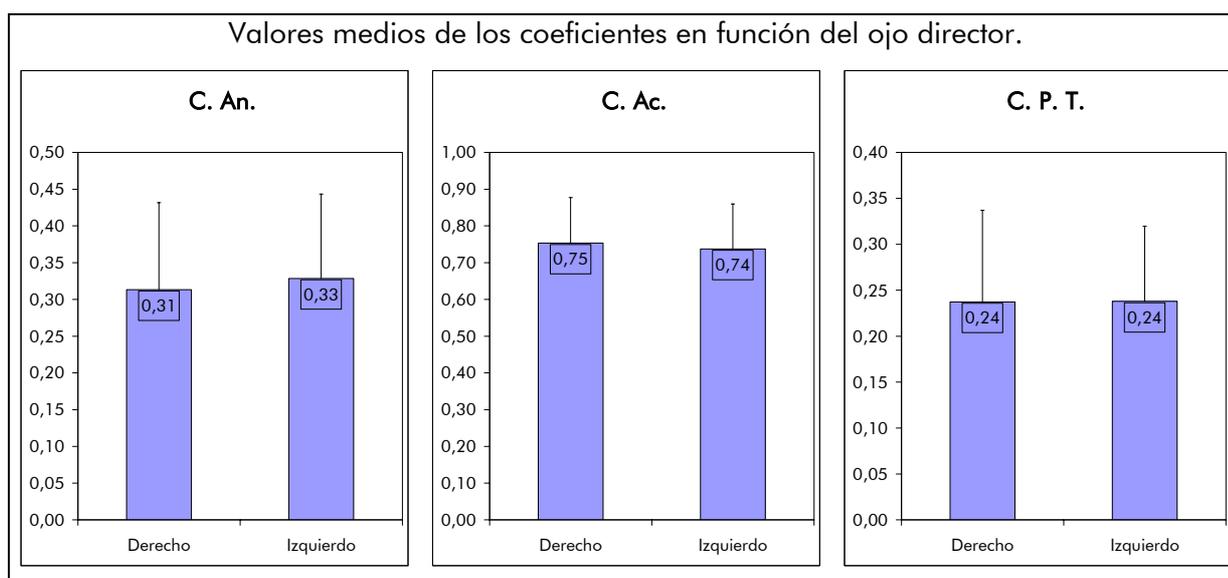
En la tabla XVII, se pueden ver las frecuencias de las dominancias, tanto oculares como manuales. Se aprecia que 176 de los sujetos (el 93,1%) eran diestros, mientras que 13 (el 6,9%) eran zurdos. Respecto a la dominancia ocular, 124 de los sujetos (el 65,6%) tenían el ojo derecho como dominante, mientras que en los 65 casos restantes (el 34,4%) era el ojo izquierdo el que dominaba frente al derecho. En cuanto a la correspondencia ojo-mano dominante, en 125 de los casos (el 66,1%) era normal, mientras que en 64 (el 33,9%) era cruzada.

			Mano Dominante.		Total
			Derecha	Izquierda	
Ojo Director	Derecho	"N"	118	6	124
		% del Total	62.4%	3.2%	65.6%
	Izquierdo	"N"	58	7	65
		% del Total	30.7%	3.7%	34.4%
Total	"N"	176	13	189	
	% del Total	93.1%	6.9%	100.0%	

Tabla XVIII: Correspondencia entre dominancias oculares y manuales.

9.1. INFLUENCIA DEL OJO DIRECTOR.

Los valores medios y desviaciones típicas de los distintos coeficientes estudiados en función del ojo director se pueden ver en las figuras 74a, 74b y 74c.



Figuras 74a, 74b y 74c: Influencia del ojo director en los coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.).

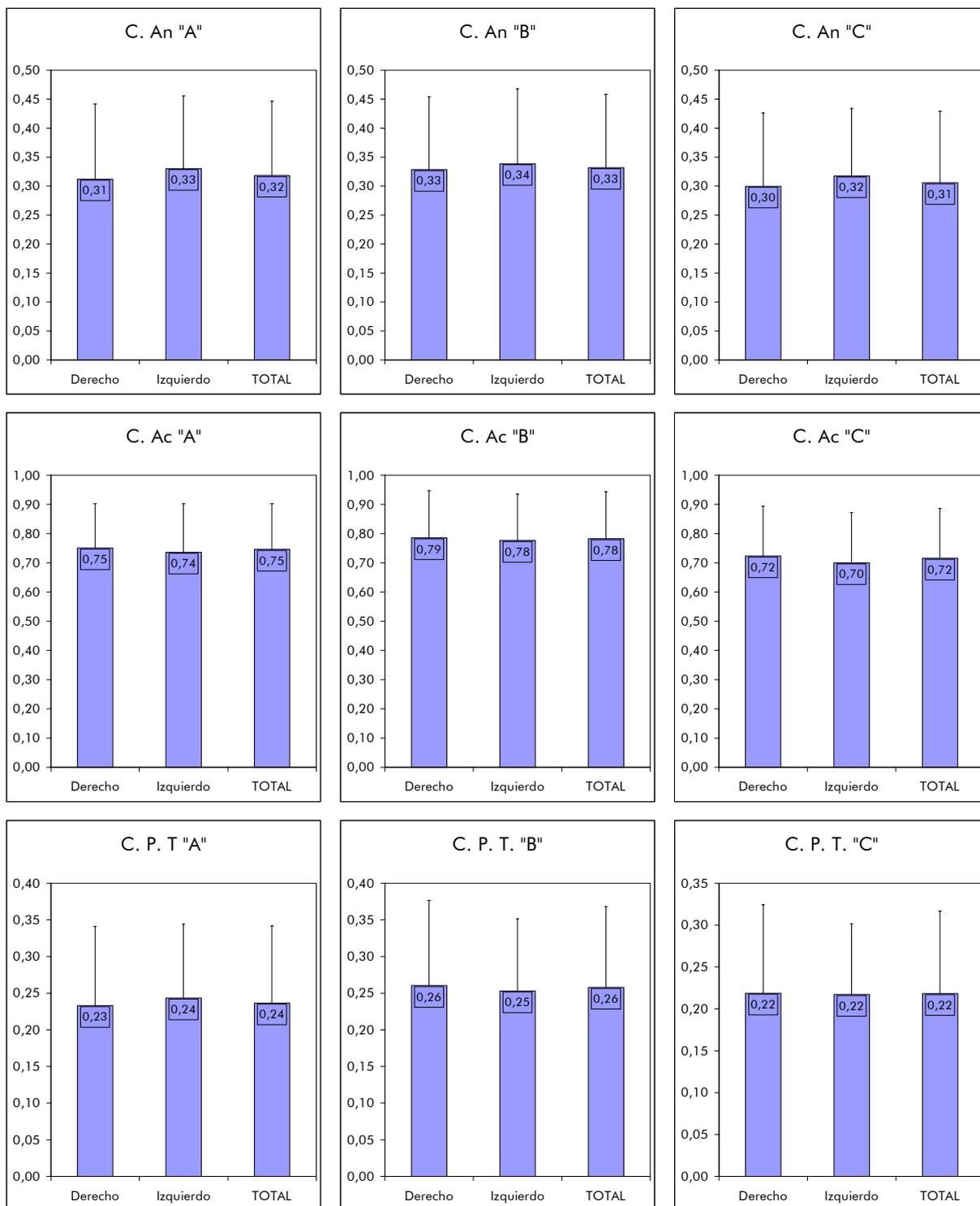
El análisis de la varianza en función del ojo director indica que no existen diferencias significativas en el coeficiente de anticipación ($F = 0,731$; $p = 0,394$), en el coeficiente de aciertos ($F = 0,697$; $p = 0,405$), ni en el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 0,001$; $p = 0,977$).

Knudson y Kluka (1997) apuntaron que el ojo dominante o director es el que guía los movimientos y fijaciones del otro ojo y transmite la información al cerebro unos milisegundos antes, y que, por ejemplo, para mejorar el "put" en golf, los jugadores deberían colocar la cabeza de tal forma que el ojo director tuviera una visión alineada de la bola.

El hecho de que en la muestra existan muchos más sujetos con el ojo director derecho (118 sujetos) de los que hay con el ojo director izquierdo (58 sujetos) podría ser la explicación de la diferente eficiencia en las dos posiciones laterales. Los sujetos con el ojo director derecho podrían tener mas problemas en la posición "C" pues la nariz ejercería de obstáculo al realizar el seguimiento de izquierda a derecha. Lo mismo debería ocurrir con los sujetos con el ojo dominante izquierdo en la posición "A". Así, al haber más sujetos con el ojo derecho como dominante, los resultados medios en la posición "C" serían peores.

Para probar esta teoría, se analizó la eficiencia de los sujetos en la percepción de las trayectorias desde las distintas zonas de procedencia del balón en función del ojo director.

Los valores medios y desviaciones típicas se pueden ver en las figuras 75a, 75 b, 75c, 75d, 75e, 75f, 75g, 75h y 75i.

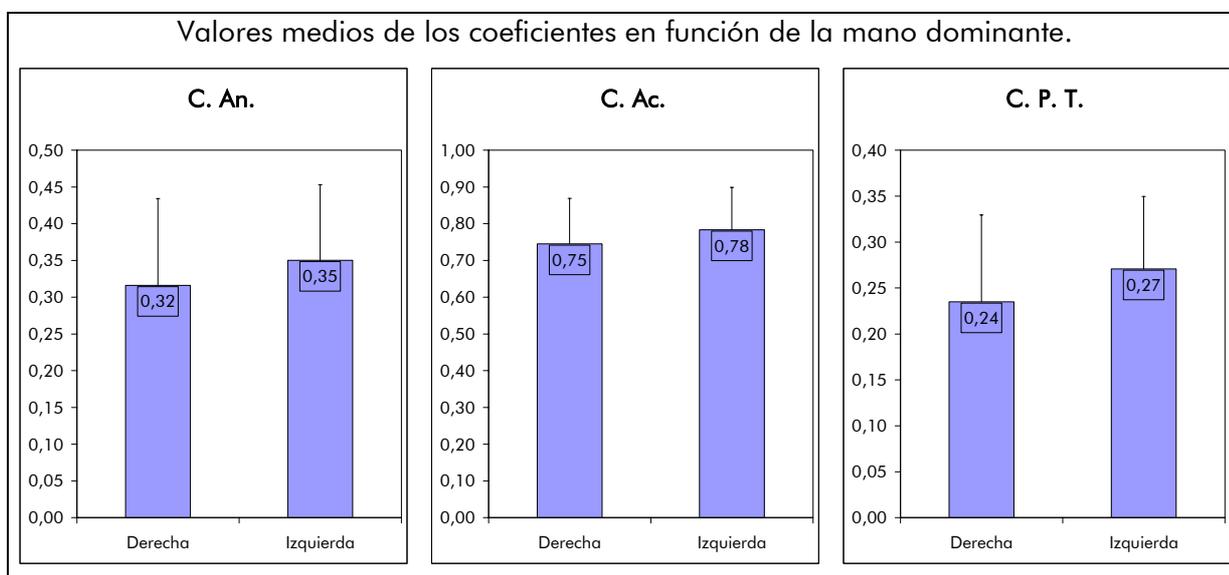


Figuras 75a a 75i: Influencia del ojo director en los coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) desde las distintas posiciones.

El ANOVA de los coeficientes de anticipación, aciertos y de percepción de las trayectorias desde las distintas posiciones en función del ojo director no muestra diferencias significativas para ningún coeficiente en ninguna de las posiciones estudiadas. Se ve, además, que los resultados en la posición "C" son los peores siempre, independientemente del ojo director del sujeto y del coeficiente que se considere.

9.2. INFLUENCIA DE LA DOMINANCIA MANUAL.

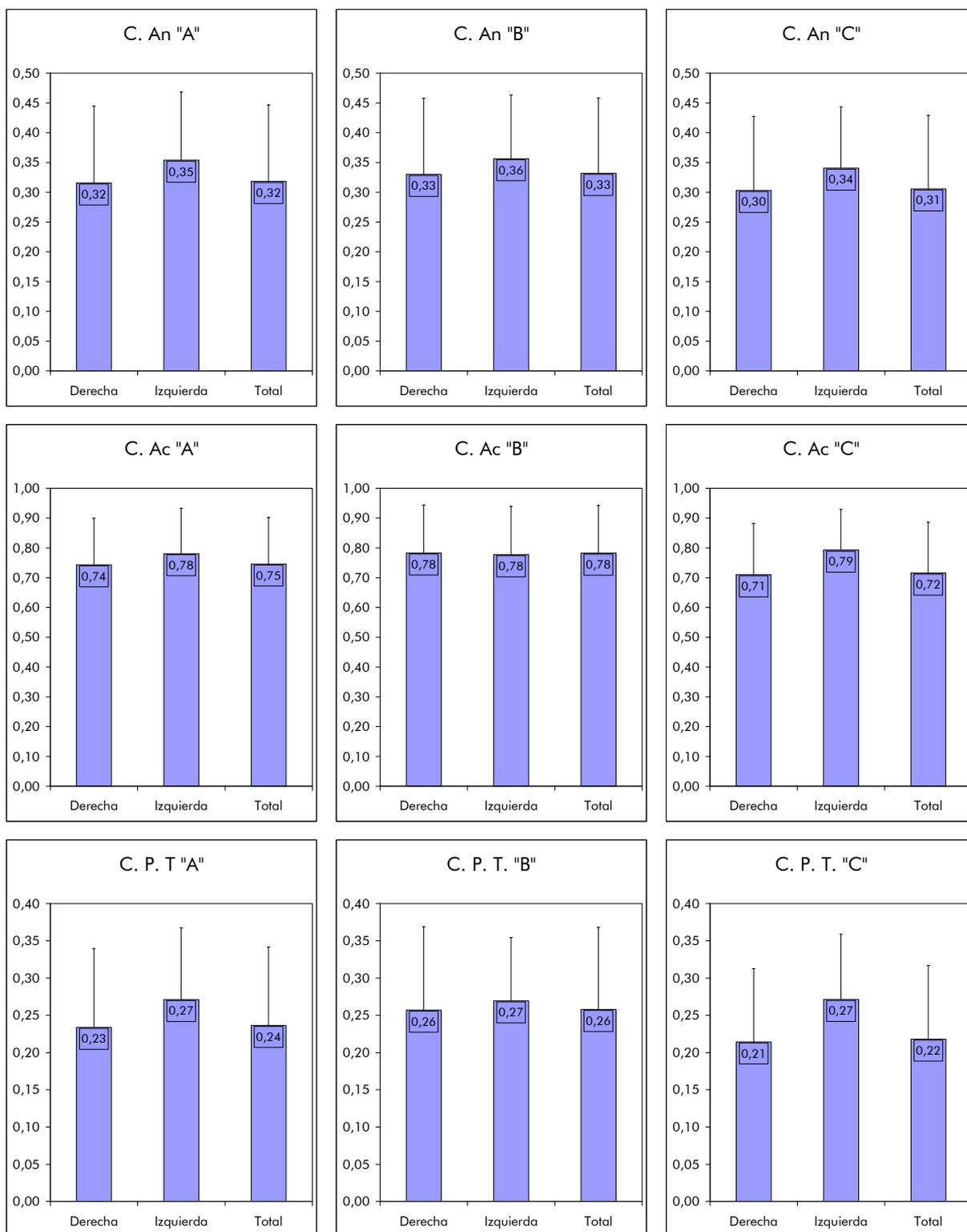
En las figuras 76a, 76b y 76c se pueden ver los valores medios y las desviaciones típicas de los tres coeficientes estudiados en función de la mano dominante del sujeto.



Figuras 76a, 76b y 76c: Influencia de la mano dominante en los coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.).

Los sujetos zurdos obtuvieron mejores resultados en todos los coeficientes, aunque no se obtuvieron diferencias significativas para ninguno de ellos: coeficiente de anticipación ($F = 1,026$; $p = 0,312$), coeficiente de aciertos ($F = 1,158$; $p = 0,283$), y el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 1,763$; $p = 0,186$).

Igual que se hizo con el ojo director, se estudió la eficiencia de los sujetos en las distintas posiciones en función de la mano dominante. Los resultados de dicho análisis se pueden ver en las figuras 77a a 77i.



Figuras 77a a 77i: Influencia de la mano dominante en los coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) desde las distintas posiciones.

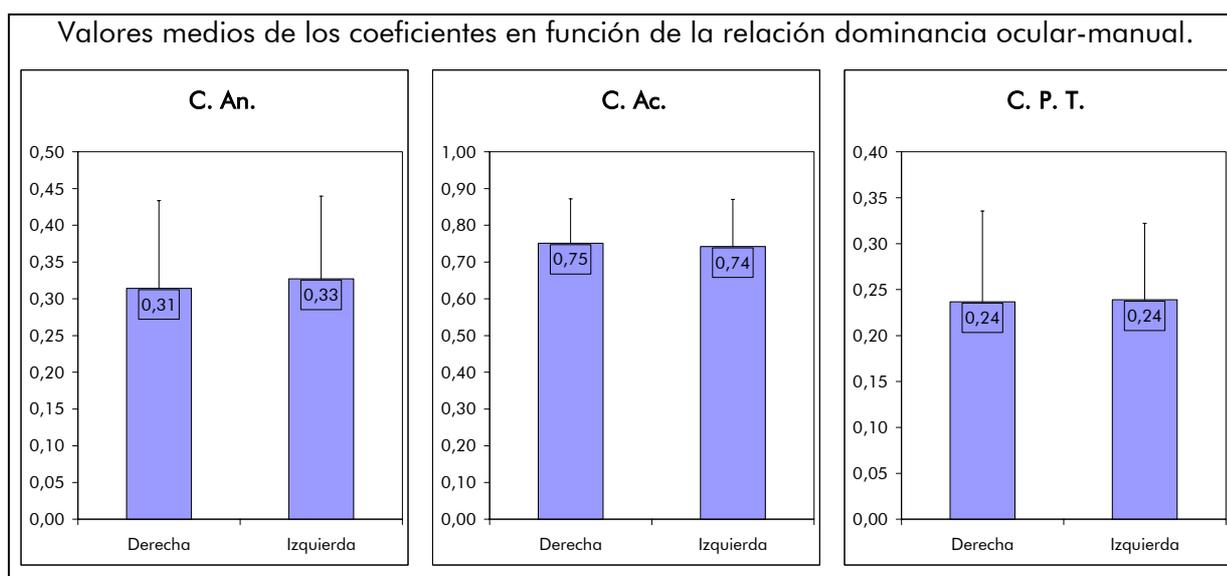
Se realizó un ANOVA de los coeficientes de anticipación, aciertos y de percepción de las trayectorias desde las distintas posiciones en función de la mano dominante. Los resultados muestran únicamente diferencias significativas entre sujetos zurdos y diestros en la Posición "C" (Lateral Izquierda) para el CPT ($F = 4,146$; $p > 0,05$).

No se han encontrado estudios previos que puedan explicar estas diferencias que indican una mayor eficiencia de los zurdos en las percepción de las trayectorias. La relación entre lateralidad y percepción de trayectorias podría ser una línea de trabajo interesante para el futuro.

9.3. RELACIÓN OJO DOMINANTE – DOMINANCIA MANUAL.

Aunque en algunos estudios se afirma que los sujetos con dominancias cruzadas podrían tener problemas de aprendizaje (Pauné, 1997), en algunos estudios se muestran más hábiles en tareas como golpear una pelota de golf (Steinberg, Frehlich, y Tennant, 1995).

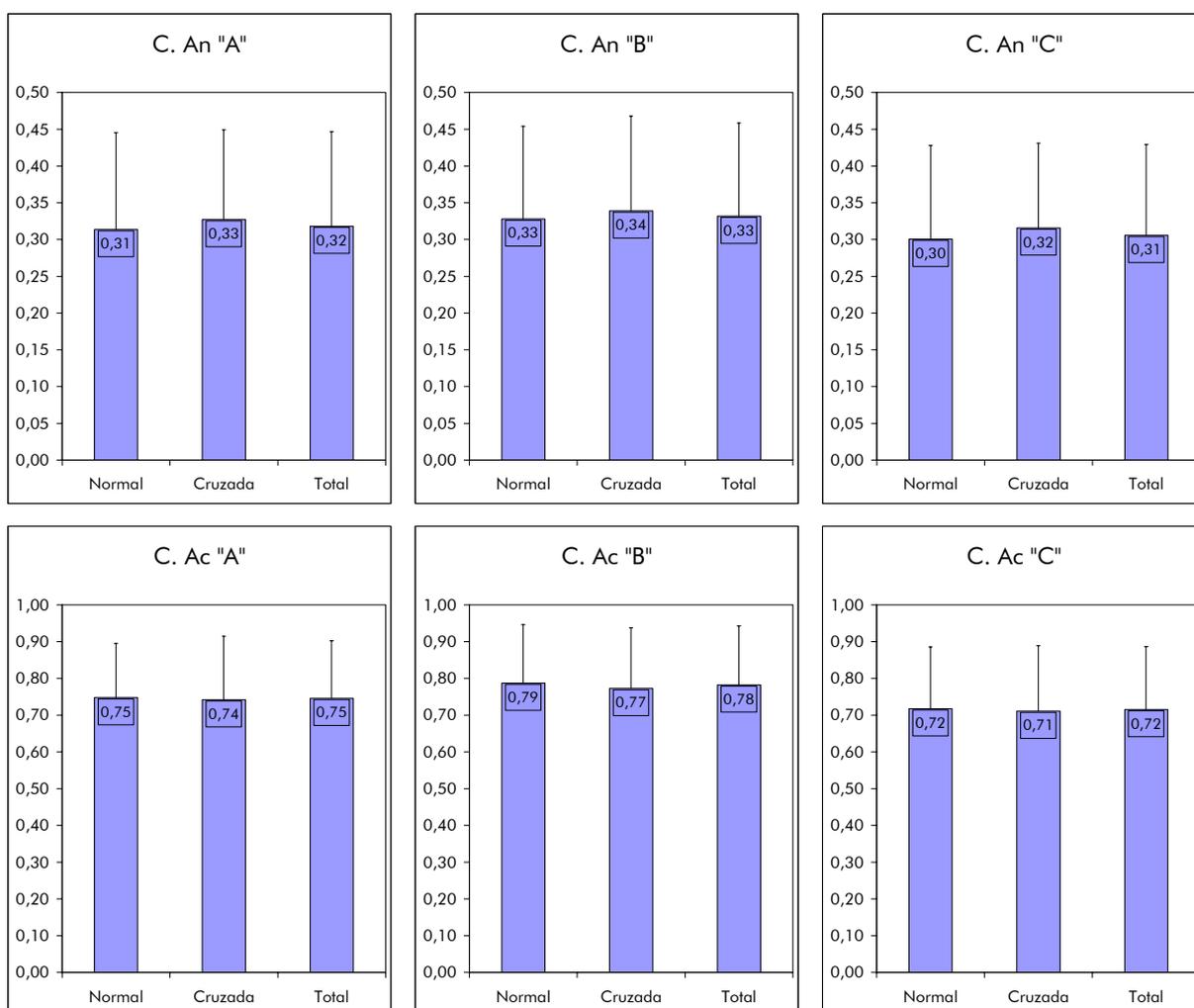
El 65% de los sujetos de la muestra tenía dominancia normal y el 34,4% la tenía cruzada. En las figuras 78a, 78b y 78c se pueden ver los valores medios y las desviaciones típicas de los coeficientes estudiados en función de la dominancia del sujeto.



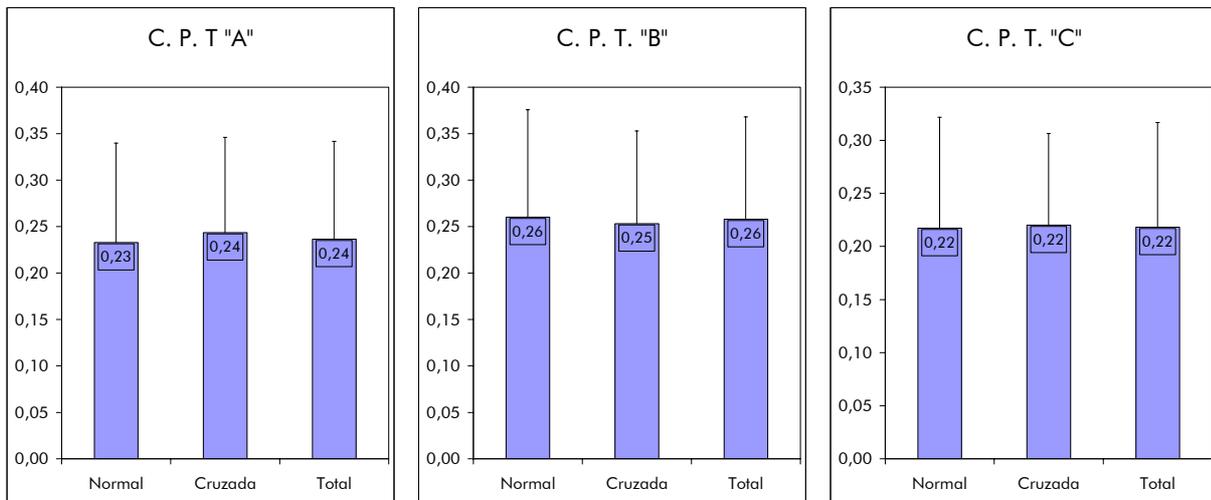
Figuras 78a, 78b, 78c: Influencia de la relación "ojo director – dominancia manual" en los coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.).

Como se puede ver, los valores son muy similares. El análisis estadístico de los resultados mostró una ausencia de diferencias significativas, tanto para el coeficiente de anticipación ($F = 0,537$; $p = 0,465$), como para el coeficiente de aciertos ($F = 0,218$; $p = 0,641$), y el coeficiente de percepción de las trayectorias ($F = 0,022$; $p = 0,883$).

Se quiso estudiar también la eficiencia de los sujetos en la percepción de las trayectorias desde las distintas zonas de procedencia del balón, en función de la relación ojo director – mano dominante del sujeto. Un resumen de los valores medios y sus desviaciones típicas se puede ver en las figuras 79a a 79i.



Figuras 79a a 79f: Influencia de la relación ojo director – mano dominante en los coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) desde las distintas posiciones.



Figuras 79g a 79i: Influencia de la relación ojo director – mano dominante en los coeficientes de percepción de las trayectorias (C.P.T.) desde las distintas posiciones.

La aparente ausencia de diferencias significativas entre las tres posiciones en los tres coeficientes se vio corroborada por medio de un análisis de la varianza, que no encontró diferencias significativas para ninguno de los coeficientes.

IV. CONCLUSIONES.

IV. CONCLUSIONES.

Tras haber realizado la validación del test, y habiendo estudiado la incidencia sobre la percepción de las trayectorias de diferentes variables como la edad, el sexo, la cantidad y el tipo de deporte practicado, la calidad de visión, las dominancias oculo-manuales, y el tiempo de reacción visual y motor del sujeto; del presente trabajo se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- 1. El test utilizado en este trabajo se ha mostrado como un procedimiento válido para estudiar la capacidad del individuo para percibir las trayectorias de balones de fútbol, en unas condiciones muy próximas a la situación real de juego, evaluando tanto la anticipación como la precisión de la toma de la decisión, y aislando la capacidad perceptiva de factores motores y de la experiencia previa en tareas de intercepción.**
- 2. El estudio ha demostrado que la edad influye en la percepción de las trayectorias de balones de fútbol, de manera similar a como lo hace en otras capacidades perceptivas.**

En la niñez y la adolescencia va mejorando progresivamente, gracias a la experiencia perceptiva que va adquiriendo el sujeto y a la mejora de los procesos de toma de decisión, para llegar a su máximo en la edad adulta. Después, cuando los sistemas perceptivos, principalmente el visual, comienzan su deterioro, la percepción de las trayectorias va empeorando para llegar a valores inferiores que en la infancia debido, fundamentalmente, a cambios fisiológicos que originan un empeoramiento, tanto cuantitativo como cualitativo, del proceso de toma de decisión.

Con la edad, el niño va aprendiendo a tomar decisiones cada vez más precisas. En general, un adolescente de 14 ó 15 años es capaz de tomar una decisión sobre la trayectoria de una pelota, tan precisa como la de un adulto. Sin embargo, la anticipación en la toma de decisión es algo que tarda un poco más en adquirirse y, aunque también mejora progresivamente con la edad, los valores máximos no se adquieren hasta que el sujeto se hace adulto.

Cuando el individuo envejece, aunque la toma de decisiones siga siendo bastante precisa, la anticipación con la que ésta se produce decae mucho. Es dicho retardo en la toma de decisión el que hace que la eficiencia en la percepción de las trayectorias sea muy pobre.

En el estudio se han obtenido valores para los distintos coeficientes en función de grupos y los bloques de edad, que pueden servir como referencia para trabajos posteriores.

3. La experiencia deportiva previa influye en la capacidad del individuo para percibir las trayectorias de pelotas de fútbol. Se han encontrado diferencias significativas entre los sujetos sedentarios y los que practican deporte de manera regular.

Aunque sólo se hayan encontrado diferencias significativas entre los sujetos con poca experiencia deportiva (sedentarios principalmente) y los de mayor experiencia deportiva de la muestra, de los resultados podemos extrapolar una relación directa entre la práctica deportiva acumulada durante la vida del sujeto y la eficiencia en la percepción de las trayectorias de pelotas.

4. En lo que se refiere a la experiencia previa en la práctica de deportes de pelota, cuando seguimos el protocolo utilizado en este trabajo, no existen diferencias significativas entre los practicantes de deportes de pelota en general (ni los futbolistas en particular) y los demás deportistas.

Sin embargo, se ha comprobado que los deportistas con pelota presentan, en general, mejores coeficientes de aciertos que otros deportistas, pero no ocurre lo mismo con los coeficientes de anticipación. Esto indica que la práctica de deportes de pelota mejora la calidad de las decisiones del sujeto, pero no la velocidad con las que éstas se toman. La práctica de deportes de pelota, por lo tanto, no mejora la capacidad perceptiva general del individuo más que cualquier otro deporte, pero sí la precisión y seguridad del sujeto a la hora de determinar dónde va a caer el balón.

5. Dentro de los jugadores de fútbol, los que mejores resultados obtuvieron en el test fueron los porteros y los defensas, seguidos de los centrocampistas y, por último, los delanteros.

Esta variación podría deberse a la diferente actitud de cada uno de los jugadores frente al balón durante el juego, que conllevaría el procesamiento de la información visual por vías diferentes. Sin embargo, esta afirmación precisaría de una investigación más exhaustiva para que fuera concluyente.

6. Una correcta salud visual del sujeto es una condición "sine qua non" para poder conseguir, con una adecuada práctica, una excelente percepción de las trayectorias.

Los sujetos con una agudeza visual pobre obtuvieron resultados significativamente peores que aquellos que tenían una agudeza visual buena o muy buena. Por otro lado, los sujetos con mala visión binocular obtuvieron peores resultados que aquellos con mala visión monocular, los cuales han conseguido compensar su deficiencia binocular utilizando más eficientemente las claves monoculares, que les proporcionan información sobre el movimiento en profundidad.

7. Un 21,7% de la población estudiada tenía un déficit visual importante sin corregir y, además, el 46,6% de los que lo tenían corregido, no utilizaban dicho sistema de corrección durante la práctica deportiva.

Ambos hechos podrían influir negativamente en su rendimiento, principalmente durante la práctica de deportes de pelota.

8. Las mujeres tienen menos desarrollada la capacidad de percepción de las trayectorias de pelotas de fútbol que los hombres.

Estas diferencias, podrían deberse a una menor cantidad y calidad de práctica deportiva, en la que influirían factores educativos y socio-culturales.

9. La naturaleza de la tarea propuesta hace que existan diferencias en la percepción de las trayectorias de pelotas en función de los tiempos de reacción de los sujetos,

obteniéndose los mejores resultados en aquellos con reacciones más rápidas. Sin embargo, como los sujetos no se debían desplazar hacia la pelota para interceptarla, no existen diferencias significativas en función de la velocidad de movimiento del sujeto.

10. Las trayectorias de las pelotas se perciben mejor de manera frontal que lateral y, en el caso de que la pelota se desplace lateralmente, se perciben mejor cuando la pelota viene de derecha a izquierda, que de izquierda a derecha.

11. No existen diferencias significativas, en cuanto a la percepción de las trayectorias de pelotas se refiere, en función de la lateralidad del sujeto.

Los resultados son semejantes, tanto si los sujetos son diestros o zurdos, si tienen como ojo director el derecho o el izquierdo, o si tienen la dominancia óculo-manual normal o cruzada.

Sería interesante estudiar en un futuro por qué los sujetos zurdos obtuvieron mejores resultados, aunque no significativamente diferentes, tanto en el coeficiente de anticipación como en el de aciertos desde todas las posiciones estudiadas.

12. Para futuros estudios que sigan el protocolo utilizado en este trabajo, se establecen como referencias generales unos valores medios de 0,238 ($\sigma = 0,094$) para el coeficiente de percepción de las trayectorias, 0,319 ($\sigma = 0,117$) para el coeficiente de anticipación y 0,748 ($\sigma = 0,123$) para el coeficiente de aciertos.

V. BIBLIOGRAFÍA.

V. BIBLIOGRAFÍA.

Nota: La citación de las obras en el cuerpo del trabajo, y el listado de las mismas que a continuación se expone, se han realizado según el estilo recomendado por la A. P. A. (American Psychological Association), explicado y completado por Walker (2000).

- Abernethy, B. Y Russel, D. G. (1987). Expert-novice differences in an applied selective attention task. Journal of Sport Psychology, 9, 326-345.
- Abernethy, B. (1987). Anticipation in sport: A review. Physical Education Review, 10, 5-16.
- Abernethy, B. (1990a). Expertise, visual search and information pick-up in squash. Perception, 19, 63-77.
- Abernethy, B. (1990b). Anticipation in squash: differences in advance cue utilization between expert and novice players. Journal of Sport Sciences, 9, 13-18.
- Abourezk, T. y Toole, T. (1995). Effect of task complexity on the relationship between physical fitness and reaction time in older women. Journal of Aging and Physical Activity, 3, 251-260.
- Allard, F., Graham, S. y Paarsalu, M. L. (1980). Perception in sport: Basketball. Journal of Sport Psychology, 2, 14-21.
- Amazeen, E. L., Amazeen, P. G., Post, A. A., y Beek, P. J. (1999). Timing the selection of information during rhythmic catching. Journal of Motor Behaviour, 31 (3), 279-289.
- Andreas, G. (1978). Psicología Experimental. México: Limusa.
- Armstrong, C. W., Levendusky, T. A., Eck, J. S., Spyropoulos, P. y Kugler, L. (1988). Influence of inflation pressure and ball wetness on the impact characteristics of two types of soccer balls. En Reilly, T., Leeds, A., Davids, K., Murphy, W. J. (eds.). Science and Football. Londres: E & FN Spon.
- Baizer, J. S., Ungerleider, L. G. y Desimone, R. (1991). Organization of visual inputs to the inferior temporal and posterior parietal cortex in macaques. Journal of Neuroscience, 11, 168-190.
- Ball, K. K., Beard, B. L., Roenker, D. L., Miller, R. L. y Griggs, D. S. (1988). Age and visual search: expanding the useful field of view [resumen]. Journal of the Optometric Society

of America, 5 (12), 2210-2219-.

- Bard, C. (1973). Effects of object flight variation and subject experience upon speed and accuracy of ball trajectory prediction in three-dimensional space. Tesis Doctoral. Universidad de Wisconsin.
- Bard, C. (1974). Rapidité et précision des jugements spatiaux. Mouvement, 4 (9), 257-264.
- Bard, C., Fleury, M., Carriere, L. y Halle, M. (1980). Analysis of Gymnastics judges visual search. Research Quarterly for Exercise and Sport, 51, 267-273.
- Bard, C., Fleury, M. y Goulet, C. (1994). Relationship between perceptual strategies and response adequacy in sport situations. International Journal of Sport Psychology, 25, 266-281.
- Bard, C. y Fleury, M. (1976). Analysis of visual search activity during sport problem situations. Journal of Human Movement Studies. 3, 214-222.
- Bard, C. y Fleury, M. (1981). Considering eye movement as a predictor of attainment. En Cockerill, I. y MacGillivray, W. (Eds.) Vision and sport. Chenttenham: Stanley Thormes.
- Bardy, B. G. y Laurent, M. (1989). Use of peripheral vision in the decision to brake. Perceptual and Motor Skills, 69, 163-166.
- Barlett, N. R. (1963). A comparison of manual reaction times as measured by three sensitive indexes. The Psychological Records, 13, 51-56. En Roca, J. (1983) Tiempo de Reacción y Deporte. Esplugues de Llobregat. Barcelona: Dirección General de l'esport. Generalitat de Catalunya. Institut Nacional d'Educació Física.
- Barraga, N. (1997). Textos reunidos por la doctora Barraga. Madrid: Dirección general de acción social, O.N.C.E.
- Beals, R. P., Mayyasi, A. M., Templeton, A. E. y Johnston, W. L. (1971). The relationship between basketball shooting performance and certain visual attributes. American Journal of Optometry, 48, 585-590.
- Bekker, F. C., Whiting, H. T. A. y Van der Brug, A. (1993) Psicología del deporte: Conceptos y aplicaciones. Madrid: Editorial Morata.
- Bennett, S. J., Van der Kamp, J., Savelsbergh, G. J. y Davids, K. (1999). Timing a one-handed catch I: Effects of telestereoscopic viewing. Experimental Brain Research, 129 (3), 362-368.
- Bennett, S. y Davids, K. (1997). The effect of task constraints on the manipulation of visual information and the implication for the specificity of learning hypothesis. Human

Movement Science, 16, 379-390.

- Bootsma, R. J. (1988). The timing of rapid interceptive actions. En Williams, A. M. (1995). Perceptual skill and soccer performance. Tesis doctoral. Universidad de Liverpool.
- Bootsma, R. J. (1991). Predictive information and the control of action: What you see is what you get. International Journal of Sport Psychology, 22, 271-278.
- Botwinick, J. y Thompson, L. W. (1966). Premotor and motor components of reaction time. Journal of Experimental Psychology, 71, 9-15.
- Bower, T. G. R. (1983). El desarrollo del niño pequeño. Madrid: Editorial Debate.
- Brancazio, P. J. (1981). Physics of basketball. American Journal of Physics, 39, 356-365.
- Brebner, J. M. T. (1980). Reaction time and personality. En Welford, A. T. (ed.) Reaction Times. London: Academic Press.
- Breitmeyer, B. G. y Ritter, A. (1986). The role of visual pattern persistence in bistable stroboscopic motion. Vision Research, 26 (11), 1801-1806.
- Britton, L. A. y Delay, E. R. (1989). Effects of noise on a simple visual attentional task. Perceptual and motor skills, 68 (3:1). 876-878.
- Bron, A. J., Tripathi, R. C. y Tripathi, B. J. (1997). Wolff's anatomy of the eye and orbit. Londres: Chapman & Hall Medical.
- Bruce, V. y Green, P. R. (1994). Percepción visual: Manual de fisiología, psicología y ecología de la visión. Barcelona: Editorial Paidós.
- Bullock, D., Grossberg, S. y Guenther, F. (1996). Neural Network Modeling of Sensory-Motor Control in Animals (Capítulo 10). En Zelaznik, H. N. (Ed.), Advances in Motor Learning (pp, 261-290). Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Burton, A. V. (1987). Conforming the interaction between perception and movement in adapted physical education. Adapted Physical Activity Quarterly, 4, 257-267.
- Butterfield, S. A. y Loovis, E. M. (1993). Influence of age, sex, balance, and sport participation on development of throwing by children in grades K-8. Perceptual and Motor Skills, 76 (2), 459-464.
- Carlson N. B., Kurtz, D., Heath, D. A. y Hines, C. (1992). Procedimientos clínicos en el examen visual. Madrid: Ediciones Génova.
- Carpenter, M. B. (1994). Neuroanatomía: Fundamentos (4ª Edición). Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Cavallo, V. y Laurent, M. (1988). Visual information and skill level in time-to-collision

estimation. Perception, 17, 623-632.

- Ciuffreda, K. J., Levi, D. M. y Selenow, A. (1991). Amblyopia: Basic and clinical aspects. Boston: Butterworth-Heinemann.
- Cockerill, I. M. y Callington, B. P. (1981). Visual information processing in golf and association football. En Cockerill I. M. y MacGillivray, W. W. (eds.) Vision and sport (pp. 126-138). Cheltenham: Stanley Thornes Ltd.
- Colfer, G. y Dowell, L. (1980). Effect of air resistance on the angle of projection and range of a place kick football. En Dowell, L. J., Smith, F., Thiebaud, R. y Thigpen, K. (1985). A comparison of range, time of flight and trajectory of the upwards and downward limbs of selected spherical balls thrown for distance. Journal of Human Movement Studies, 11, 209-221.
- Complutense (2001). Diccionarios Oxford-Complutense: Medicina. Madrid: Editorial Complutense.
- Chevaleraud, J. (1986). Ojo y deporte. Madrid: Editorial Masson.
- Christenson, G. N. y Winkelstein, A. M. (1988). Visual skills of athletes versus nonathletes: development of a sports vision testing battery. Journal of American Optometric association, 59 (9), 666-675.
- Church, R. M. y Camp, B. S. (1965). Change in reaction time as a function of knowledge of results. American Journal of Psychology, 65, 102-106.
- Davids, K. (1985). The development of peripheral visual processing performance in relation to a ball-catching task. Doctoral Dissertation. Department of Physical Education, University of Leeds.
- Davids, K. (1988a). Ecological validity in understanding sport performance: Some problems of definition. Quest, 40, 126-136.
- Davids, K. (1988b). Developmental differences in the use of peripheral vision during catching performance. Journal of Motor Behavior, 20 (1), 39-51.
- Davids, K., Rex de Palmer, D. y Savelsbergh, G. J. P. (1989) Skill level, peripheral vision and tennis volleying performance. Journal of Movement Studies, 16, 191-202.
- Davids. K. y Stratford, R. (1989). Peripheral vision and simple catching: The screen paradigm revisited. Journal of Sport Sciences, 7, 139-152.
- De Coursey, R. M. (1974). El organismo humano (Tomo II, Capítulo 7). Madrid: Ediciones del Castillo.

- Dember, W. N. y Warm, J. S. (1990). Psicología de la percepción. Madrid: Alianza editorial.
- Dowell, L. (1978). Throwing distance: Air resistance, angle of projection, and ball size and weight. *Motor Skills: Theory into practice*. En Dowell, L. J., Smith, F., Thiebaud, R. y Thigpen, K. (1985). A comparison of range, time of flight and trajectory of the upwards and downward limbs of selected spherical balls thrown for distance. Journal of Human Movement Studies, 11, 209-221.
- Dowell, L. J., Smith, F., Thiebaud, R. y Thigpen, K. (1985). A comparison of range, time of flight and trajectory of the upwards and downward limbs of selected spherical balls thrown for distance. Journal of Human Movement Studies, 11, 209-221.
- Dunham, P. (1977). Age, sex, speed and practice in coincidence-anticipation performance of children. Perceptual and Motor Skills, 45, 187-193.
- Effenberg, A. O. (2001). Multimodal convergent information enhances perception accuracy of human movement patterns. En Actas del 6º Congreso del European college of sports Sciences. Cologne: European College of Sports Science.
- Elliott D., Zuberec, S. y Milgram, P. (1994) Effects of periodic visual occlusion on ball catching. Journal of Motor Behavior, 26, (2), 113-122.
- Erlichson, H. (1983). Maximum projectile range with drag and lift, with particular application to golf. American Journal of Physics, 51, 357-362.
- FIFA (1995). Reglamento Oficial de Fútbol.
- Finlay, D. (1982). Stroboscopic motion in depth. Perception, 11 (6), 733-741.
- Fleury, M., Goulet, C. y Bard, C. (1986). Eye fixations as visual indices of programming of service return in tennis. [Resumen] Psychology of Motor Behaviour and Sport. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
- Forrest, E. B. (1988). Stress and vision. Santa Ana, CA: Optometric extension program foundation.
- Frerebeau, M. (1990). Fisiología de la visión. Madrid: Sociedad Española de Optometría.
- García, M. T., Martín, Y. y Nieto, A. (1994). Visión Deportiva. (Monografías de Gaceta, nº 6. Suplemento a la revista Gaceta Optica nº 273). Madrid: Colegio Nacional de Ópticos-Optometristas.
- Gibson, J. J. (1979). The ecological approach to visual perception. Boston: Houghton

Mifflin.

- Goldstein, E. B. (1993). Sensación y percepción. Madrid: Editorial Debate.
- Goodale M. A. (1993). Visual pathways supporting perception and action in the primate cerebral cortex. Current Opinion in Neurobiology, 3, 578-585.
- Goodale, M. A. (1996). Visuomotor modules in vertebrate brain. Canadian Journal of Physiology and Pharmacology, 74, 390-400.
- Goodale, M. A., Milner, A. D., Jakobson, L. S. y Carey, D. P. (1991) A neurological dissociation between perceiving objects and grasping them. Nature, 349, 154-156.
- Goodale, M. A. y Humphrey, G. K. (1998). The objects of action and perception. Cognition, 62, 181-207.
- Goodale, M. A. y Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. Trends in Neurological Sciences, 15 (1), 20-25.
- Gregg, J. R. (1966). Experiments in visual science for home and school. New York: The Ronald Press Company.
- Gregory, R. L. (1963). Distortions of visual space as inappropriate constancy scaling. Nature, 199 (4894), 678-680.
- Gregory, R. L. (1998). Eye and brain: Psychology of seeing. Oxford: Oxford University Press.
- Guyton, A. C. (1992). Tratado de Fisiología médica (Octava edición). Madrid: Editorial McGraw-Hill Iberoamericana.
- Haaxma, R. y Kuypers, H. G. J. M. (1975). Intrahemispheric Cortical Connexions and Visual Guidance of hand and finger movements in the rhesus monkey. Brain, 98, 239-260.
- Haffeden, A. M. y Goodale, M. A. (1998) The effect of pictorial illusion on prehension and perception. Journal of Cognitive Neuroscience, 10 (1), 122-136.
- Hahn, E. (1988) Entrenamiento con niños. Barcelona: Ediciones Martínez Roca.
- Hammond, J. (1993). The biomechanics of ball flight. Soccer Journal, 6, 59-61.
- Harre, D. (1987) Teoría del entrenamiento deportivo. Buenos Aires: Editorial Estadium.
- Hart, W. M. (Ed.) (1992). ADLER: Fisiología del ojo. (9ª Edición) Madrid: Editorial Mosby/Doyma.
- Hay, J. G. (1978). The biomechanics of sports techniques. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Hay, J. G. y Reig, J. G. (1982). The anatomical and mechanical bases of human motion.

Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

- Helsen, W. y Pauwels, J. M. (1987). The use of a simulator in evaluation and training of tactical skills in soccer. En Reilly T., Lees, A., Davids, K. y Murphy W.J. (Eds.) Science and Football (pp 493-497). London: E & FN Spon.
- Hodgkins, J. (1962). Reaction time and speed of movement in males and females of various ages. Research Quarterly, 43 (3), 335-343.
- Houssay, B. (1989). Fisiología Humana. Neurofisiología. (Tomo IV, Sexta edición). Madrid: Ateneo Editorial.
- Isaacs, L. D. (1980). Effects of ball size, ball color, and preferred color in catching by young children. Perceptual and Motor Skills, 51 (2), 583-586.
- Jessell, T. M., Kandel E. R. y Schwartz, J. H. (1997). Neurociencia y Conducta. Madrid: Prentice Hall.
- Jones, M. y Miles A. (1978). Use of advance cues in predicting the flight of a lawn tennis ball. Journal of Human Movement Studies, 4, 231-235.
- Jones, P. D. y Wilkinson, H. (1975). Latency differences to monochromatic stimuli measured by disjunctive reaction time. Perceptual and Motor Skills, 41, 55-59.
- Judge, S. J. y Bradford, C. M. (1988). Adaptation to telestereoscopic viewing measured by one-handed ball catching performance. Perception, 17 (6), 783-802.
- Keeney, A. H., Hagman, R.E. y Fratello, C. J. (1997). Diccionario de óptica oftálmica. Barcelona: Editorial Masson S.A.
- Kerighbaum, E. y Barthels, K. M. (1985) Biomechanics: A quantitative approach for studying human movement (Capítulo 5). Minneapolis: Burgess publishing Company.
- Kerr, B. (1979) Sequential predictability effects on initiation time and movement time for adults and children. Journal of Motor Behavior, 11, 269-274.
- Knudson, D. y Kluka, D. A. (1997). The impact of vision and vision training on sport performance. Journal of Physical Education, Recreation and Dance, 68 (4), 17-24.
- Korteling, J. E. (1991). Effects of skill integration and perceptual competition on age-related differences in dual-task performance. Human Factors, 33 (1), 35-44.
- Koslow R. E. (1985). Peripheral reaction time and depth perception as related to ball color. Journal of Human Movement Studies, 11, 125-143.
- Laurent, M., Dihn Phung, R. y Ripoll, H. (1989). What visual information is used by riders in

- jumping?. Human Movement Science, 8, 481-501.
- Lee, A., Fant, H. Life, M. L., Lipe, L., Carter, J. A. (1978). Field independence and performance on ball-handling task. Perceptual and Motor Skills, 46 (2), 439-442.
 - Lee, D. N., Lishman J. R. y Thomson, J. A. (1982). Regulation of gait in long jumping. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 8, 448-459.
 - Lee, D. N. young, D. S., Reddish, P. E., Lough, S. y Clayton, T. M. H. (1983). Visual timing in hitting an accelerating ball. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 35^a, 333-346.
 - Lenoir, M., Musch, E., Janssens, M., Thiery, E. y Uyttenhove, J. (1999a). Intercepting moving objects during self-motion. Journal of Motor Behavior, 31 (1), 55-67.
 - Lenoir, M., Savelsbergh, G. J. P., Musch, E., Thiery, E., Uyttenhove, J. y Janssens, M. (1999b). Intercepting moving objects during self-motion: Effects of environmental changes. Research Quarterly for Exercise and Sport, 70 (4), 349-360.
 - Lillo, J. (1993). Psicología de la experiencia. Madrid: Editorial Debate.
 - Loewefeld, I. E. (1999). The pupil: Anatomy and clinical applications. Oxford: Butterworth Heinemann.
 - Loran, D. F. C. y MacEwen C. J. (1997). Sports Vision. Oxford: Butterworth-Heinemann.
 - MacCarthy, F. y Tong, J. E. (1980). Alcohol and velocity of perception II. Stimulus discrimination. Perceptual and Motor Skills, 51, 968-970.
 - Maurer, C., Kimming, H., Trefzer, A. y Mergner, T. (1997). Visual objet localization through vestibular and neck inputs. 1: Localization with respect to space and relative to the head and tunk mid-sagittal planes [resumen]. Journal of Vestibular Research, 7 (2-3), 119-135.
 - McLeod, P. (1987). Visual reaction time and high-speed ball games. Perception, 16 (1), 49-59.
 - McLeod, R. W. y Ross, H. E. (1983). Optic Flow and cognitive factors in time-to-collision estimates. Perception, 12, 417-423.
 - Milner, A. D. y Goodale, M. A. (1995). The visual brain in action. Oxford: Oxford University Press.
 - Millodot, M. (1990). Dictionary of optometry and visual science. Madrid: Colegio nacional de ópticos-optometristas.
 - Mitchel, R. B. (1992) Physiological aspect of aging. En Orr, A. L. (Ed.) Vision and aging

- (pp. 34-46). New York: American foundation for the blind.
- Montagne, G., Laurent, M. y Ripoll, H. (1993). Visual information pick-up in ball-catching. Human Movement Science, *12*, 273-297.
 - Montagne, G. y Laurent, M. (1994). The effects of environmental changes on one-handed catching. Journal of Motor Behavior, *26*, 237-246.
 - Montes, R., Bueno, I., Guillén, I., Díez, M. T. y Candel, J. (1998). La visión en el fútbol: Estudio de habilidades visuales en jugadores alevines. Ver y Oír, *9*, 452-458.
 - Neisser, U. (1994). Multiple Systems: A new approach to cognitive theory. European Journal of Cognitive Psychology, *6* (3), 225-241.
 - Nettleton, B. (1979). Attention demands of ball-tracking skills. Perceptual and Motor Skills *49*, 531-534.
 - Norrie, M. L. (1965). Practice effects on reaction latency for simple and complex movements. The Research Quarterly, *38* (1), 79-85.
 - O'Malley, J. J. y Gallas, J. (1977). Noise and attention. Perceptual and Motor Skills, *44* (3:1), 919-922.
 - Olave, J. M. (1990). Propuesta de test encaminado a evaluar la percepción de trayectorias aéreas de objetos. (Tesis Doctoral). Barcelona. INEFC Barcelona.
 - Olave, J. M. (1991). Propuesta de Test encaminado a evaluar la percepción de trayectorias aéreas de objetos. Apunts: Educació Física i Sports, *25*, 59-66.
 - Orr, A. L. (Ed.) (1992). Vision and aging. New York: American foundation for the blind.
 - Oudejans, R. R., Michaels C. F. y Bakker, F. C. (1997). The effects of baseball experience on movement initiation in catching fly balls. Journal of Sport Sciences, *15* (6), 587-595.
 - Palmisciano, G. (1994). 500 Ejercicios de equilibrio. Barcelona: Edición Hispano Europea, Colección Herakles.
 - Paune, F. (1997). Dominancias oculares cruzadas: ¿son un factor significativo en el fracaso escolar?. Archivos Optométricos, *1* (1), 44-51.
 - Payne, V. G. (1982). Simultaneous investigation of effects of distance of projection and object size on object reception by children in grade 1. Perceptual and Motor Skills, *54* (3-2), 1183-1187.
 - Petrakis, E. (1981). Relationship between figure-ground perception and viewing time in a ball-catching task. Perceptual and Motor Skills, *53* (3), 899-904.
 - Pook, P. K. y Ballard, D. H. (1996). Deictic human/robot interaction. Robotics and

Autonomous Systems, 18, 259-269.

- Puce, A., Allison, T., Asgari, M., Gore, J. C. y McCarthy. G. (1996). Differential sensitivity of human visual cortex to faces, letters, rings, and textures: A functional magnetic resonance imaging study. The Journal of Neuroscience, 16 (16), 5205-5215.
- R.A.E (2001). Diccionario de la lengua española (22ª Edición). Madrid: Real Academia de España.
- Reichow, A. W., Stoner, M. W. (Eds.) (1993). Sports vision. Santa Ana, CA: Optometric Extension Program.
- Ridenour, M. V. (1979). Influence of ball and background patterns on perception of visual direction of a moving object. Perceptual and Motor Skills, 49, 343-346.
- Ridenour, M. V. (1980). Influence of vertical and vertical-horizontal background patterns on perception of visual direction of a moving object. Perceptual and Motor Skills, 50, 851-854.
- Ripoll, H. y Fleurance, P. (1988). What does keeping one's eye on the ball mean?. Ergonomics, 31 (11), 1647-1654.
- Ripoll, H. y Latiri, I. (1997). Effect of expertise on coincident-timing accuracy in a fast ball game. Journal of Sports Sciences, 15 (6), 573-580.
- Roca, J. (1983). Tiempo de Reacción y Deporte. Esplugues de Llobregat. Barcelona: Dirección General de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Institut Nacional d'Educació Física.
- Roncagli, V. (1990). Sports vision. Bologna: Editorial Calderini y academia europea di sports.
- Rosenbloom, A. A. y Morgan, M. W. (1992). Vision and aging. Stoneham, MA: Butterworth-Heinemann.
- Rosengren, K. S., Pick, H. L. y Von Hofsten, C. (1988). Role of visual information in ball catching. Journal of Motor Behavior, 20, 150-164.
- Rowe, P. J. y Evans, P. (1994). Ball color, eye color, and reactive motor skill. Perceptual and Motor Skills, 79, 671-674.
- Runninger J. (1980). "Eyes on the ball" an oversimplification. Journal of the American Optometric Association 51 (7), 667-670.
- Ryan, A. J., Berman, P., Garner, A. I., Pashby, R. C., Sherman, A. y Vinger, P. F. (1985). Vision, eye care, and the athlete: A round table. The Physician and Sports Medicine, 13

(6), 132-151.

- Sanderson, F. H. (1981). Visual acuity and sports performance. En Cockerill, I. M. y MacGillivray, W. W. (Eds.) Vision and Sport. Chentelham, England: Stanley Thoemes Publishers.
- Sans, A. y Frattarola, C. (1996). Manual para la organización y el entrenamiento en las escuelas de fútbol. Editorial Paidotribo. Barcelona.
- Saona, C. L. (1989). Entrenamientos visuales. Tarrasa: Universidad Politécnica de Cataluña, E. U. Óptica de Tarrasa.
- Saraux, H., Lemasson, H., Offret, H. y Renard, G. (1985). Anatomía e histología del ojo. Barcelona: Editorial Masson.
- Savelsbergh, G. J. P., Whiting, H. T. A., Pijpers, J. R. y Van Santvoord A. A. M. (1993). The visual guidance of catching. Experimental Brain Research, 93, 148-156.
- Savelsbergh, G. J. P., Whiting, H. T. A. y Bootsma, R. J. (1991) "Grasping" Tau. Journal of Experimtna Psychology: Human Percpetion and Performance, 17, 315-322.
- Savelsbergh, G. J. P. y Bootsma, R. J. (1994). Perception-Action coupling in hitting and catching. International Journal of Sport Psychology, 25, 331-343.
- Savelsbergh, G. J. P. y Whiting, H. T. A. (1988). The effect of skill level, external frame of reference an environmental changes on one-handed catching. Ergonomics, 31, 1655-1663.
- Schneider, G. E. (1969). Two visual systems. Science, 163, 895-902.
- Sekuler, R. y Ball, K. (1986). Visual localization: age and practice [resumen]. Journal of the Optometric Society of America, 3 (6), 864-867.
- Serrano, H. (2000). Diccionario oftalmológico. Bogota: D'Vinni Editorial.
- Shank, M. D. y Haywood, K. M. (1987). Eye movements while viewing a baseball pitch. Perceptual and Motor Skills, 64 (3), 1191-1197.
- Sharp, R. H. y Whiting, H. T. A. (1974). Exposure and occluded duration effects in a ball-catching task. Journal of Motor Behavior, 6, 139-147.
- Sillero, M. (1998). Comparación de técnicas para evaluación de la Agudeza Visual y los extremos del campo visual horizontal. Archivos Optométricos, 2 (2), 86-96.
- Sillero, M. y Rojo, J. J. (2001). Percepción de trayectorias de balones entre los 9 y los 18 años. Apunts: Educació Física i Sports, 66, 40-43.
- Sillero, M. y Bennett, S. (2000). Validación del test bajo distintas condiciones de luz. En

- Fuentes, J. P. y Macías. M. (Coordinadores) Libro de actas del I congreso de la Asociación Española de ciencias del deporte: Volumen I (pp. 509-518). Cáceres: Asociación Española de ciencias del Deporte.
- Sillero, M. y Rojo, J. J. (2000). Test de acercamiento progresivo. En Fuentes, J. P. y Macías. M. (Coordinadores) Libro de actas del I congreso de la Asociación Española de ciencias del deporte: Volumen I (pp. 181-187). Cáceres: Asociación Española de ciencias del Deporte.
 - Smeets, J. B. J. y Brenner, E. (1995). Perception and action are based on the same visual information: distinction between position and velocity. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 21, 19-31.
 - Smith, A. P. (1991). Noise and aspects of attention. British Journal of Psychology, 88 (3), 313-324.
 - Smyth, C. U. M. (1987). El cerebro. Madrid: Alianza Universal.
 - Smyth, M. M. y Marriot, A. M. (1982). Vision and proprioceptive in simple catching. Journal of Motor Behaviour, 15, 237-261.
 - Snell, R. S. y Lemp, M. A. (1998). Clinical Anatomy of the eye (2ª Edición). Londres: Blackwell Science.
 - Steinberg, G. M., Frehlich, S. G. y Tennant, L. K. (1995). Dextrality and eye position in putting performance. Perceptual and Motor Skills, 80 (2), 635-640.
 - Stepanek, A. (1988). The aerodynamics of tennis ball: The topspin lob. American Journal of Physics, 56, 138-142.
 - Swartwout, J. B. (1991). Optometric vision therapy manual. Santa Ana, CA: Optometric extension program foundation.
 - Thema, E. (1992). Atlas de Anatomía. Barcelona: Editorial Cultural.
 - Thomas, J. R. y Nelson, J. K. (1996). Research methods in physical activity. Champaign, Illinois: Human Kinetics.
 - Trevarthen, C. B. (1968). Two mechanisms of vision in primates. Psychologische Forschung, 31, 299-337.
 - Tyldesley, D. A. (1981). Motion prediction and movement control in fast ball games. En Cockerill, I. M., MacGillivray, W. W. (eds.) Vision and Sport (pp 91-115). Cheltenham: Stanley Thormes Ltd.
 - Ungerleider, L. G. y Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. En Ingle, D. J.,

- Goodale, M. A. y Mansfeld, R. J. W. (Eds.) Analysis of Visual Behavior (pp 549-586) Cambridge, MA: MIT Press.
- Van der Kamp, J., Bennett, S. J., Savelsbergh, G. J. P. y Davids, K. (1999). Timing one-handed catch II: Adaptation to telestereoscopic viewing. Experimental Brain Research, 129 (3), 369-377.
 - Van der Kamp, J., Savelsbergh, G. J. P. y Smeets, J. (1997). Multiple information sources in interceptive timing. Human Movement Science, 16, 787-821.
 - Van Doorn, A. J. y Koenderink, J. J. (1984). Spatiotemporal integration in the detection of coherent motion. Vision Research, 24 (1), 47-53.
 - Van Rossum, J. H. A. y Wijbenga, D. (1993). Soccer skills technique test for youth players: construction and implications. En Reilly, J., Clarys, J. y Stribe, A. (eds.). Science and Football II (pp. 313-318). Londres: E & FN Spon.
 - Vickers, D. (1980). Discrimination. En Welford, A. T. (ed.) Reaction Times. London: Academic Press.
 - Vickers, J. N. (1992). Gaze control in putting. Perception, 21 (1), 117-132.
 - Voisin, A., Elliott, D. B. y Regan, D. (1997). Babe Ruth: with vision like that, how could he hit the ball?. Optometry and Vision Science, 74 (3), 144-146.
 - Von Hofsten, C., Rosengren, K., Pick, H. L. y Neely, R. (1992). The role of binocular information in ball catching. Journal of Motor Behavior, 24 (4), 329-338.
 - Wade, M. G. (1980). Coincidence anticipation of young normal and handicapped children Journal of Motor Behavior, 12, 103-112.
 - Walker, M. (2000). Como escribir trabajos de investigación. Barcelona: Gedisa Editorial.
 - Warren, W. H. (1984). Perceiving affordances: The visual guidance or stair climbing. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 10, 683-703.
 - Warren, W. H. y Whang, S. (1987). Visual guidance of walking through apertures: Body-scaled information for affordances. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 13, 371-383.
 - Wayne, F. (1993). An insight to sports. Seattle, WA: Sportvision, Inc.
 - Welford, A. T. (1980). Relationship between reaction time and fatigue, stress, age and sex. En Welford, A. T. (ed.) Reaction Times. London: Academic Press.
 - Whiting H. T. A. (1972). Overview of the skill learning process. Research Quarterly, 43, 266-294.

- Whiting H. T. A. y Sharp R. H. (1974). Visual occlusion factors in a discrete ball-catching skill. Journal of Motor Behavior, 6, 11-16.
- Whiting, H. T. A. (1968). Training in continuous ball-throwing and catching task. Ergonomics, 11, 375-382.
- Whiting, H. T. A. (1969). Acquiring ball skill. A psychological interpretation. London: G. Bell and Hyman Ltd.
- Whiting, H. T. A. (1970). An operational analysis of a continuous ball throwing and catching task. Ergonomics, 13, 445-454.
- Whiting, H. T. A., Gill, E. B. y Stephenson, J. M. (1970). Critical time intervals for taking in flight information in a ball catching task. Ergonomics, 13, 265-272.
- Whiting, H. T. A., Savelsbergh, G. J. P. y Faber, C. M. (1988). "Catch" questions and incomplete answers. En Colley A. M. y Beech, J. (Eds.) Cognition and Action in Skilled Behaviour (pp. 257-271). Amsterdam: North Holland.
- Williams & Wilkins (1993). Diccionario de ciencias médicas (25ª Edición). Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Williams, A. M. (1991). Perceptual aspects of sport performance. (Revisión no publicada). Division of Sport Science, Manchester Metropolitan University, Crewe & Alseger Faculty, UK.
- Williams, A. M. (1995). Perceptual Skill and Soccer Performance. Tesis doctoral. Universidad de Liverpool.
- Williams, A. M., Davids, K., Burwitz, L. y Williams, J. G. (1993). Cognitive knowledge and soccer performance. Perceptual and Motor Skills, 76, 579-593.
- Williams, A. M., Davids, K., Burwitz, L. y Williams, J. G. (1994). Visual search strategies in experienced and unexperienced soccer players. Research Quarterly for Exercise and Sport, 65 (2), 127-135.
- Williams, A. M. y Burwitz, L. (1993). Advance cue utilisation in soccer. En Reilly, T., Clarys, J. y Stibbe, A. Science and Football II (eds.) (pp. 239-244). London: E & FN Spon.
- Williams, A. M. y Davids, K. (1995). Declarative knowledge in sport: a by-product of experience or a characteristic of experience?. Journal of sport and exercise psychology, 17 (3), 259-275.
- Williams, A. M. y Davids, K. (1998). Visual search strategy, selective attention, and expertise in soccer.

- Williams, H. (1968). Effects of systematic variation of speed and direction of object flight and of skill and age classifications upon visuo-perceptual judgements of moving objects in three-dimensional space. Tesis Doctoral. Universidad de Wisconsin.
- Williams, J. G. (1992). Catching action: visuomotor adaptations in children. Perceptual and Motor Skills, 75 (1), 211-219.
- Wonnacott, T. H. y Wonnacott, R. J. (1997). Introducción a la estadística. México: Editorial Limusa.

VI. GLOSARIO.

VI. GLOSARIO.

- **“Array” óptico:** Campo óptico con información que el individuo puede captar de manera directa. “Patrón óptico”, “matriz óptica”. “El término es utilizado para referirse a la estructura (cambios cuantitativos y cualitativos) de la energía luminosa que converge en un punto del espacio” (Lillo, 1993).
- **A.V.:** Abreviatura de Agudeza Visual. “Capacidad de ver pequeños detalles. Durante un examen ocular, se mide determinando las letras más pequeñas que puede leer una persona en una carta óptica” (Goldstein, 1993).
- **Aberración:** “Defecto de la imagen formado por una lente. La imagen es borrosa debido a que los rayos procedentes del objeto llegan al foco en posiciones ligeramente diferentes como resultado de la curvatura de la lente” (Complutense, 2001).
- **Ácido γ -amino butírico:** (Abreviado GABA). “Ácido que se encuentra en el sistema nervioso central, predominantemente en el cerebro, donde actúa como inhibidor de la transmisión” (Complutense, 2001)
- **Acomodación:** “Término utilizado para referirse a la capacidad del ojo para enfocar objetos localizados a diferentes distancias cambiando la forma del cristalino” (Goldstein, 1993). “Clave fisiológica relacionada con la percepción de la profundidad y basada en la variación del esfuerzo muscular necesario para enfocar objetos a distintas distancias” (Lillo, 1993).
- **Aferencias (Aferente):** “Referente a nervios o neuronas que llevan impulsos desde los órganos de los sentidos y desde otros receptores al cerebro o a la médula espinal” (Complutense, 2001)
- **Affordance:** Término procedente del inglés. Interpretable como “valor funcional” ó “utilidad percibida”. “Los deportistas perciben la utilidad de objetos y situaciones de forma directa, relacionándola con sus propias capacidades de acción” (Burton, 1987).
- **Agnosia visual:** “Patología en la cual, a pesar de disponerse de recursos visuales, se tienen dificultades para reconocer visualmente los objetos” (Gregory, 1998)
- **Agonista:** “Músculo principal. Músculo cuya contracción activa provoca el movimiento del cuerpo (...). La contracción de un agonista se asocia con la relajación de un antagonista” (Complutense, 2001).

- **Agudeza:** "Capacidad de un sistema para dar respuestas precisas" (Lillo, 1994).
- **Ametropía:** "Deficiencia visual. Todas las anomalías de refracción de los ojos, que producen una distorsión de la imagen formada en la retina (astigmatismo, hipermetropía y miopía)" (Complutense, 2001).
- **Antagonista:** "Músculo cuya contracción se opone a la de otro músculo llamado agonista" (Complutense, 2001).
- **Aparato lagrimal:** "Serie de glándulas y dos conductos (interno y externo), por donde la lágrima se renueva. La lágrima mantiene el ojo limpio e hidratado" (Saraux, Lemeson, Offret y Remard, 1985).
- **Áreas de Brodmann:** "Áreas numeradas del 1 al 47, en las cuales, un mapa de la corteza cerebral ha sido dividido, con intención descriptiva, basándose en la disposición neuronal observada en cortes teñidos en el microscopio. K. Brodmann (1860-1918) Neurólogo alemán" (Complutense, 2001).
- **Astigmatismo:** "Un estado en el que los objetos con ciertas orientaciones se ven borrosos debido a la deformación de la córnea" (Goldstein, 1993). El origen de la ametropía puede ser también una deformación de cualquier otra estructura transparente del ojo o, incluso, de la retina.
- **Ataxia óptica:** "Incoordinación motora manual por una incorrecta información visual". (Serrano, 2001).
- **Ataxia:** "Movimientos temblorosos y marcha inconsciente que resulta del fallo del cerebro para regular la postura del cuerpo y la potencia y dirección de los movimientos de las extremidades" (Complutense, 2001). "Disociación motora por la cual el paciente ejecuta movimientos opuestos a los de su voluntad" (Serrano, 2000).
- **Atención Selectiva:** "Dirección de la atención, consciente o inconsciente, hacia áreas particulares de un campo perceptivo (...). Aunque puede ser un proceso aleatorio, suele estar determinada por la experiencia previa del sujeto o la acción que se encuentra realizando el sujeto en ese momento" (Whiting, 1969).
- **Axones:** "Larga y delgada excrecencia de una célula nerviosa que se dirige hacia fuera del cuerpo celular y finaliza en la sinapsis con otras células" (Bruce y Green, 1994).
- **Bastones:** "Fotorreceptores útiles en condiciones escotópicas de iluminación, que permiten una visión de alta sensibilidad" (Lillo, 1993).
- **CAC:** Coeficiente de Aciertos (ver página 102).

- **CAn:** Coeficiente de Anticipación (ver página 103).
- **CanH:** Coeficiente de Anticipación Homogeneizado (ver página 104).
- **Capa Plexiforme:** "Capa de la retina donde tienen lugar las sinapsis. En la capa externa, las prolongaciones de los conos y los bastones hacen sinapsis con las dendritas de neuronas bipolares. En la capa interna, los axones terminales de las células bipolares establecen sinapsis con las dendritas de las células ganglionares (Williams y Wilkins, 1993).
- **Cejas:** "Prominencias en forma de arco situadas en el borde superior de la órbita. Están provistas de pelos y tienen misión protectora" (Saraux, Lemeson, Offret y Remard, 1985).
- **Células Amacrinas:** "Neurona que transmite la señal lateralmente a través de la retina (...). Las células amacrinas establecen sinapsis con las bipolares y las ganglionares" (Goldstein, 1993).
- **Células Bipolares:** "Neuronas estimuladas por los receptores visuales y que envían señales a las células ganglionares de la retina (Goldstein, 1993).
- **Células blob:** "Células que se encuentran en algunas áreas del córtex visual donde se forman agrupaciones de células ricas en la enzima citocroma oxidasa y muy selectivas a los colores" (Goldstein, 1993).
- **Células Ganglionares:** "Neurona de la retina que recibe inputs [informaciones entrantes] de células horizontales y amacrinas. Los axones de las células ganglionares son las fibras que forman el nervio óptico" (Goldstein, 1993).
- **Células Horizontales:** "Neuronas que transmiten lateralmente señales a través de la retina. Estas células establecen sinapsis con los receptores y con las células bipolares" (Goldstein, 1993).
- **Células W:** "Células ganglionares de la retina del mamífero que no tienen campos concéntricos" (Bruce y Green, 1994).
- **Células X:** "Células ganglionares de la retina del mamífero con campos concéntricos, que presentan sumación espacial lineal de intensidades luminosas en las áreas centro y periferia de los campos receptores" (Bruce y Green, 1994).
- **Células Y:** "Células ganglionares de la retina del mamífero con campos concéntricos, que presentan respuestas no lineales a cambios en las intensidades de luz" (Bruce y Green, 1994).
- **Cóclea:** ""Estructura con forma de caracol y llena de líquido, que contiene las distintas partes del oído interno" (Goldstein, 1993).

- **Colículo Superior:** También llamado tectum óptico. "Estructura del cerebro medio del vertebrado en la que terminan algunos axones de células W" (Bruce y Green, 1994).
- **Conjuntiva:** "Membrana mucosa que une el globo ocular a los párpados. Recubre los párpados por su cara interna y tiene función eminentemente protectora" (Saraux, Lemeson, Offret y Remard, 1985).
- **Conos:** "Fotorreceptores útiles en condiciones fotópicas de iluminación, relacionados con la visión del color y la percepción de detalles finos" (Lillo, 1993)
- **Convergencia:** (ver Incidovergencia) Clave fisiológica relacionada con la percepción de la profundidad y basada en el esfuerzo muscular necesario para mirar con los ojos una parte del entorno" (Lillo, 1993).
- **Coroides:** "Capa media del ojo. Contiene numerosos vasos sanguíneos y es, por lo tanto, la encargada de nutrir al ojo. Debido a su gran concentración de células pigmentarias, el ojo queda convertido en una cámara oscura" (Saraux, Lemeson, Offret y Remard, 1985).
- **Córtex Visual Primario:** "Región del córtex del mamífero situado en el lóbulo occipital que recibe la entrada del núcleo geniculado lateral. Sus células responden a la luz que incide sobre la retina y están ordenadas en un mapa retinotrópico. En primates, esta región también se conoce como córtex estriado ó V1" (Bruce y Green, 1993).
- **CPT:** coeficiente de Percepción de las Trayectorias (ver página 103).
- **CPTH:** coeficiente de Percepción de las Trayectorias Homogeneizado (ver página 104).
- **Cristalino:** "Lente biconvexa situada detrás del iris y divide el globo ocular en dos cámaras (anterior y posterior). Está conectado con el músculo orbicular del iris por medio de la zónula de Zinn y, gracias a su flexibilidad, es capaz de modificar su curvatura y, con ello, su potencia, dando lugar al mecanismo de acomodación que permite ver nítidamente a distintas distancias" (Thema, 1992).
- **Cuerpo Ciliar:** Parte del ojo donde se inserta la Zónula de Zinn.
- **D.T. (σ):** Desviación Típica.
- **Dextrocidoversión:** Movimiento simultáneo de ambos ojos hacia la derecha con giro.
- **Dextroversión:** Movimiento simultáneo de ambos ojos hacia la derecha.
- **Dioptría:** "Unidad utilizada para calibrar la potencia refractora de una lente y que es inversa a su distancia focal" (Lillo, 1993). " Unidad que sirve para medir la potencia de focalización de una lente necesaria para conseguir una visión clara (...). En los miopes, el número de dioptrías necesario para conseguir una visión clara es igual a la inversa del

punto lejano expresado en metros. Por tanto, cuanto más cerca esté el punto lejano, más dioptrías necesitará" (Goldstein, 1993).

- **Diplopia:** Visión doble. "La percepción simultánea de dos imágenes de un objeto" (Complutense, 2001).
- **Divergencia:** (ver Excidovergencia) "Abducción Ocular" (Complutense, 2001).
- **Ducciones:** Movimiento de un ojo de manera independiente del otro.
- **Eferencias.** Informaciones eferentes.
- **Eferente:** "Designa a los nervios o neuronas que transportan impulsos desde el cerebro o desde la médula espinal a los miembros, glándulas y otros órganos efectores" (Complutense, 2001).
- **Elicitador (Estímulo):** Estímulo generador de sensaciones.
- **Emétrope:** "Aquel que posee un globo ocular de dimensiones correctas" (Lillo, 1993).
- **Esclerótica:** "La capa más externa del ojo. Es una membrana fibrosa dura, resistente y de color blanco. Su parte anterior es transparente y se denomina córnea" (Thema, 1992).
- **Escotópico:** "Con iluminación reducida que sólo permite que sea funcional la visión mediante los bastones" (Lillo, 1993).
- **Esférulas:** "Nombre que se le da a la base sináptica del bastón, que recibe este nombre por tener forma redondeada".
- **Estereopsis:** "Experiencia de volumen resultante de utilizar la clave de disparidad retineana" (Lillo, 1993).
- **Estereoscópico:** Relativo a la visión tridimensional o estereopsis.
- **Estrabismo:** "Desviación involuntaria del eje visual de un objeto respecto a la posición real que ocupa el objeto observado" (Millodot, 1990).
- **Estroboscópico (Fenómeno):** Fenómeno creado por un "instrumento que produce breves destellos con frecuencia variable. Si los destellos se producen consecutivamente y con la frecuencia apropiada, se genera una sensación de movimiento" (Millodot, 1990).
- **Excidotorsión:** Movimiento de torsión hacia fuera de un solo ojo.
- **Excidovergencia (o divergencia):** Movimiento de ambos ojos hacia fuera.
- **Exteroceptivo:** Relativo a exterior.
- **Exteroceptores:** "Receptores que responden a fuentes energéticas externas al sujeto perceptor" (Lillo, 1993).
- **Feedback (ó Retroalimentación):** "acoplamiento de la producción de un proceso a su

iniciación" (Complutense, 2001)

- **Flóculo:** "Pequeño lóbulo ovoide del cerebelo, que sobresale del lóbulo posterior, y conecta centralmente con los núcleos de la línea media" (Complutense, 2001).
- **Formación Reticular:** "Aparato neural masivo, pero de límites vagos, compuesto de sustancia gris y blanca estrechamente entremezcladas, que se extiende a lo largo de la médula espinal hasta el diencefalo" (Williams y Wilkins, 1993).
- **Fotómetro:** Aparato que mide la energía luminosa teniendo en cuenta los valores de la función de eficiencia espectral" (Lillo, 1993).
- **Fotópico:** "con iluminación relativamente elevada, que permite un buen funcionamiento de la visión mediante los conos" (Lillo, 1993).
- **Fototransducción:** Proceso mediante el cual un estímulo luminoso genera un cambio de potencial de membrana en una célula receptora del sistema visual.
- **Fóvea:** "Porción central de la retina poblada únicamente por conos y que, además de la percepción del color, permite el mayor grado de agudeza visual de la visión humana" (Lillo, 1993).
- **Glutamato:** Neurotransmisor. "Sal o éster del ácido glutámico" (Williams y Wilkins, 1993).
- **Hipermétrope:** Que padece hipermetropía.
- **Hipermetropía:** "Dificultad para enfocar objetos cercanos que suele deberse a la existencia de dimensiones reducidas del globo ocular" (Lillo, 1993). También puede deberse a un déficit de potencia del sistema de enfoque ocular.
- **Humor acuoso:** "Fluido incoloro que ocupa la cámara anterior del ojo, entre la córnea y el cristalino" (Thema, 1992).
- **Humor vítreo:** "Sustancia transparente y de consistencia gelatinosa situada en la cámara posterior, entre el cristalino y la retina" (Thema, 1992).
- **I.P.T:** (Information Pick-up Time) Tiempo de Recogida de la Información.
- **Iluminancia:** "En fotometría, parámetro utilizado para indicar la cantidad absoluta de energía visible que incide sobre una superficie. Suele medirse en lux" (Lillo, 1993).
- **Incidotorsión:** Movimiento de torsión hacia dentro de un solo ojo.
- **Incidovergencia (ó convergencia):** Movimiento de ambos ojos hacia la nariz.
- **Infraversión:** Movimiento simultáneo de ambos ojos hacia abajo.
- **Invaginaciones:** "Pliegue de la pared de una estructura sólida para formar una cavidad" (Complutense, 2001).

- **Levocidoversión:** Movimiento simultáneo de ambos ojos hacia la izquierda con giro.
- **Levoversión:** Movimiento simultáneo de ambos ojos hacia la izquierda.
- **Lumen:** "Efecto fotométrico producido por 1/683 vatios de una estimulación monocromática con una longitud de onda de 555 nm." (Lillo, 1993).
- **Lux:** "Unidad fotométrica utilizada para medir iluminación, siendo un lux igual a un lumen por metro cuadrado" (Lillo, 1993).
- **Luxómetro corregido al seno:** Fotómetro para medir la iluminancia que llega a una superficie semiesférica.
- **M.D.S:** (Movement Detection System) Sistema de Detección del Movimiento.
- **Mesencéfalo:** Cerebro medio. "Pequeña parte del talle encefálico, excluyendo el puente y la médula, que une el cerebro posterior [romboencéfalo] con el anterior [telencéfalo]" (Complutense, 2001).
- **Mielina:** Material complejo, compuesto por proteínas y fosfolípidos, que se deposita como una vaina alrededor de los axones de ciertas neuronas, conocidas como fibras nerviosas mielinizadas" (Complutense, 2001).
- **Mielinizar:** Cubrir una superficie de mielina.
- **Miope:** Que padece miopía.
- **Miopía:** "Dificultad para enfocar superficies lejanas que suele deberse a una excesiva longitud del globo ocular" (Lillo, 1993). También puede deberse a un exceso de potencia del sistema de enfoque del ojo.
- **Movilidad ocular:** "Ciencia o estudio de los músculos extraoculares, sus componentes neurales y la capacidad de movimiento espontáneo o provocado del ojo o de sus partes" (Keeney, Hagman y Fratello, 1997).
- **Músculos de la órbita:** Músculos externos al globo ocular tienen la misión de mover el globo ocular y los párpados. Existen cuatro músculos rectos (superior, inferior, interno y externo) dos oblicuos (mayor y menor). Además, existen músculos que abren y cierran los párpados (Saraux, Lemeson, Offret y Remard, 1985).
- **N.G.L:** Abreviatura de Núcleo Geniculado Lateral. "Parte del cerebro del vertebrado en la que terminan los axones de las células ganglionares retineanas y desde la que parten otros axones al córtex visual" (Bruce y Green, 1994).
- **Neurotransmisor:** "Sustancia química liberada por las terminaciones nerviosas para transmitir impulsos nerviosos a través de las sinapsis a otros nervios y los músculos o

glándulas que éstos inervan (Ejemplos son: acetilcolina, noradrenalina, dopamina, serotonina, glutamato y muchos más)" (Complutense, 2001)

- **Nistagmo (o Nistagmus):** "Movimientos oculares involuntarios rápidos de los ojos, que pueden ser laterales, verticales o rotatorios" (Complutense, 2001). Algunos tienen carácter funcional y otros patológico.
- **Nistagmo optocinético:** "Movimiento de los ojos de carácter funcional, "sucede en gente normal cuando miran una sucesión de objetos que se mueven rápidamente por su línea de visión" (Complutense, 2001).
- Opsinas:** "Grupo de pigmentos encontrados en las células fotorreceptoras" (Bruce y Green, 1994).
- **Otolitos:** "Pequeñas acumulaciones de carbonato cálcico asociadas a una mácula del sáculo o utrículo del oído interno" (Complutense, 2001).
- **Papila Óptica:** También llamado disco óptico. "Zona que constituye el principio del nervio óptico, desde donde las fibras nerviosas originadas en los conos y los bastones dejan el globo ocular" (Complutense, 2001).
- **Paralaje (de movimiento):** "Clave de profundidad basada en las diferencias en la velocidad de desplazamiento retineano correspondiente a los objetos situados a distintas distancias" (Lillo, 1993).
- **Párpados:** "Dos pliegues músculo-membranosos que cubren la parte anterior del globo ocular. Poseen glándulas sudoríparas y sebáceas y, en los bordes, una serie de pelos rígidos denominados pestañas" (Saraux, Lemeson, Offret y Remard, 1985).
- **Pedículos:** "Proyección delgada en forma de tallo" (Complutense, 2001).
- **Percepción:** "Experiencias producidas por la estimulación de los sentidos. En comparación con la sensación. La percepción se suele caracterizar como más compleja e implicando la interpretación del estímulo" (Goldstein, 1993).
- **Presbicia:** Vista cansada. "Deficiencia de acomodación propia de las personas mayores, debida a un endurecimiento del cristalino y a un debilitamiento de los músculos ciliares" (Complutense, 2001).
- **Pretectum:** También llamada zona pretectal. (Williams y Wilkins, 1993).
- **Propiocepción:** Sensaciones procedentes de los propioceptores.
- **Propioceptores:** "Receptores que responden a variaciones energéticas generadas por el propio sujeto" (Lillo, 1993).

Quiasma Óptico: "Estructura en "x" compuesta por la unión de los dos nervios ópticos a la altura de la hipófisis (...). Las dos cintillas ópticas resultantes se dirigen hacia los lóbulos occipitales" (Complutense, 2001).

- **Reactómetro:** Aparato que sirve para medir el tiempo de reacción del sujeto frente a un estímulo.
- **Respuesta Miográfica:** "Respuesta de un músculo frente a un estímulo eléctrico registrada por un miógrafo" (Complutense, 2001).
- **Rodopsina:** "Pigmento visual contenido en el segmento externo de los bastones" (Millodot, 1990).
- **Sacádicos** (Movimientos oculares): "Serie de pequeños movimiento involuntarios, rápidos y abruptos, o saltos de ambos ojos, especialmente observados en el cambio de fijación visual de un punto a otro" (Keeney, Hagman y Fratello, 1997).
- **Sáculo:** "Saco membranoso que se encuentra en el vestibulo del oído (...). contiene a la mácula. Responde a la gravedad y da información al cerebro acerca de la posición de la cabeza" (Complutense, 2001).
- **Semidecusación:** Cruce parcial de fibras nerviosas visuales que se produce en el quiasma óptico.
- **Sensación:** "Experiencias sensoriales simples elicítadas por estímulos simples" (Goldstein, 1993).
- **Placas Motoras:** "Area de la membrana de la célula muscular inmediatamente debajo del nervio motor final en una unión neuromuscular" (Complutense, 2001)
- **Sinergista:** "Cualquier músculo que une su acción a la del músculo principal y que ayuda en la acción de este último" (Complutense, 2001).
- **Sistema E-H:** (Eye-Head System) Sistema Ojo-Cabeza.
- **Sistema I-R:** (Image-Retina System) Sistema Imagen-Retina.
- **Sistema Vestibular:** "Órgano en el interior del oído implicado en la transducción de la aceleración angular del cuerpo en impulsos nerviosos" (Bruce y Green, 1994).
- **Subtender:** "Unir con una línea recta los extremos de un arco de curva o de una línea quebrada" (R.A.E., 2001)
- **Supraversión:** Movimiento simultáneo de ambos ojos hacia arriba.
- **T.M:** 1. Área Temporal Medial.
2. Abreviatura de Tiempo Motor.

- **T.S.M:** Área Temporal Superior Medial.
 - **Telestereoscopio:** “Instrumento diseñado para producir una percepción exagerada de la profundidad (...) mediante espejos o prismas” (Millodot, 1986).
 - **Transducción:** “Proceso por el cual la energía externa que incide sobre una célula receptora provoca un cambio en su potencial de membrana” (Bruce y Green, 1994).
- Utrículo:** “El más largo de los dos sacos membranosos en el vestíbulo del oído. Forma parte del laberinto membranoso y está lleno de líquido (endolinfa) y contiene la máculo. Su función es de reconocimiento de la situación gravitatoria, de forma que transmite al cerebro información acerca de la posición de la cabeza” (Complutense, 2001).
- **Vergencia:** Movimiento simultáneo de los ojos en sentidos opuestos.
 - **Zónula de Zinn:** “Ligamento suspensorio del ojo (cristalino)” (Complutense, 2001).

VII. ÍNDICE DE TABLAS.

VII. ÍNDICE DE TABLAS.

- **Tabla I:** Comparación de la teoría de sistemas de acción y percepción con la teoría de Neisser.
- **Tabla II:** Esquema de la representación de los campos visuales central y periférico en los sistemas de acción y percepción.
- **Tabla III:** Importancia relativa de los distintos Sistema de Detección de movimiento con distintas restricciones temporales.
- **Tabla IV:** Velocidades de los motores para que el balón alcanzara las distintas zonas de caída.
- **Tabla V:** Efectividad de la máquina en lanzamientos simultáneos.
- **Tabla VI:** Resumen de valores de los distintos coeficientes.
- **Tabla VII:** Estudio correlacional y T-test para resultados directos y homogeneizados.
- **Tabla VIII:** Diferencias entre coef. de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) en los distintos grupos de edad. (" $< 0,05$ "=Dif. estadísticamente significativas; "No dif"=Sin dif. estadísticamente significativas).
- **Tabla IX:** Frecuencias y porcentajes por bloques de edad.
- **Tabla X:** Diferencias entre coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) para los distintos grupos de la variable bloque de edad.
- **Tabla XI.** Diferencias entre coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) para los distintos grupos de la práctica o no de fútbol.
- **Tabla XII.** Diferencias entre coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) en función del tipo de deporte (con o sin balón).
- **Tabla XIII.** Diferencias entre coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) para los distintos grupos en función del tipo de deporte practicado.
- **Tabla XIV.** Diferencias entre coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) para los distintos cuartiles en función de la práctica deportiva acumulada.

- **Tabla XV.** Diferencias entre coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) para los distintos cuartiles en función de la habilidad futbolística.
- **Tabla XVI:** Correspondencia entre el sistema de corrección habitual y el utilizado durante el test.
- **Tabla XVII.** Estudio correlacional y T-Test para los resultados de las distintas posiciones.
- **Tabla XVIII:** Correspondencia entre dominancias oculares y manuales.

VIII. ÍNDICE DE FIGURAS.

INDICE DE FIGURAS.

- **Figura 1:** Partes del globo ocular (Hart, 1992).
- **Figura 2:** Estructura de conos y bastones (Snell y Lemp, 1998).
- **Figura 3:** Número de conos y bastones en función de la excentricidad. (Hart, 1992).
- **Figura 4:** Estructura celular de la retina. C = Cono; B = Bastón; PB = Célula bipolar pequeña; BB = Célula bipolar en bastón; AB = Célula bipolar aplanada; H = Célula horizontal; A = Célula amacrina; PG = Célula ganglionar pequeña; DG = Célula ganglionar difusa. Fuente: (Smith, 1987).
- **Figura 5:** Proyecciones de los tractos ópticos (Jessel et al., 1997).
- **Figura 6:** Aferencias al córtex visual primario. (Jessel et al., 1997).
- **Figura 7:** Estructuras de una hipercolumna (Jessel et al., 1997).
- **Figura 8:** Esquema de las vías dorsal y ventral en el cerebro humana (Goodale y Humphrey, 1998). LGNd = Núcleo Geniculado Lateral (dorsal); SC = Colículo Superior; Pulv = Pulvinar.
- **Figura 9:** Esquema de ilusiones ópticas presentadas. Los dos círculos centrales de la composición "A" tienen el mismo tamaño, se percibían diferentes pero se atrapaban con la misma distancia entre índice y pulgar; sin embargo, los dos círculos de la composición "B" eran percibidos como iguales y la distancia entre el índice y pulgar era diferente durante el atrape (Haffender y Goodale, 1998).
- **Figura 10:** Componentes físicos del mecanismo de ejecución de habilidades perceptivo-motrices. Adaptado de Whiting (1969).
- **Figura 11:** Componentes funcionales del mecanismo de ejecución de habilidades perceptivo-motrices. Adaptado de Whiting (1969).
- **Figura 12:** Mecanismos centrales del mecanismo de ejecución de habilidades perceptivo-motrices Adaptado de Whiting (1969).
- **Figura 13:** Análisis de la información para la ejecución perceptiva motriz. Adaptado de Whiting (1969).
- **Figura 14:** Agudeza visual en función de la iluminación (Hart, 1992).
- **Figura 15-a:** Agudeza visual en bebés (Hart, 1992)
- **Figura 15-b:** Agudeza visual en función de la edad (Hart, 1992)
- **Figura 16:** Agudeza visual en función de la excentricidad (Hart, 1992).

- **Figura 17a:** Correspondencia retineana normal (Hart, 1992).
- **Figura 17b:** Disparidad en las imágenes = Diplopia (Hart, 1992).
- **Figura 18:** Imagen tridimensional con visión monocular (Hart, 1992).
- **Figura 19:** Esquema de las distintas fases de la Respuesta de Reacción.
- **Figura 20:** Efecto del giro de la pelota durante la trayectoria en el aire (Efecto Magnus). A = La velocidad de giro hace que haya más presión en la parte inferior de la bola y aumenta el alcance del tiro (Bola "liftada"). B = La velocidad de giro hace que haya más presión en la parte superior de la bola y disminuya el alcance del tiro (Bola "cortada" o "golpe de dejada").
- **Figura 21a:** Recepción de una pelota según la teoría del momento perceptivo.
- **Figura 21b:** Recepción de la pelota según la teoría ecologista de la percepción directa.
- **Figura 22:** Aproximación cognitiva (Diagrama "A"): el significado es añadido a la información sensorial a través de los órganos sensoriales mediante las representaciones existentes en la memoria. Sin embargo, en la teoría de la percepción directa (Diagrama "B"), la información sensorial tiene un sentido intrínseco y la percepción se consigue sin recurrir a la memoria o a procesos de relación (Adaptado de Williams, 1995).
- **Figura 23:** Esquema de la disposición experimental en el trabajo de Olave (1990). La máquina lanza-pelotas (A) está situada a 9,15 m del sujeto. Detrás del sujeto hay una zona de caídas delimitada por nueve cuadrículas de 2,75 x 1,80 m.
- **Figura 24:** Esquema de la disposición experimental en el trabajo de Bard (1973). La máquina lanza-pelotas (A) está situada a 19,5 m de la zona de 3 x 2 cuadrículas de 4 x 4 m. El sujeto se situaba en dos posiciones laterales (A y B) y una frontal (C).
- **Figura 25:** Esquema de la disposición experimental en el trabajo de Williams (1968). La máquina lanza-pelotas (A) está situada a 16,80 m del sujeto y la carpa comienza a 10,97 m.
- **Figura 26:** Esquema de la disposición experimental de los trabajos de Williams (1995). Se proyectaban en una pantalla gigante vídeos de lanzamientos de balones realizados por un experto.
- **Figura 27:** Distribución de frecuencias de la edad de la muestra.
- **Figura 28:** Máquina lanza-pelotas "JUGS pitching machine".
- **Figura 29:** Esquema del sistema de registro de datos.
- **Figura 30:** Esquema del Reactómetro.

- **Figura 31:** Tamaño real de la "E" de Snellen incluida dentro de la tarjeta blanca de 10 x 10 cm..
- **Figura 32:** Esquema de sistema de coordenadas y criterios para consignar los balones que caen fuera de la zona de caídas.
- **Figura 33:** Evolución de los lanzamientos a lo largo de los intentos.
- **Figura 34:** Posiciones relativas del sujeto respecto a la trayectoria de la pelota.
- **Figura 35:** Evolución del coeficiente de percepción de las trayectorias del sujeto en función de la edad.
- **Figura 36:** Evolución del coeficiente de anticipación en función del grupo de edad.
- **Figura 37:** Evolución del coeficiente de aciertos en función del grupo de edad.
- **Figura 38:** Evolución del coeficiente de percepción de trayectorias en función del grupo de edad.
- **Figura 39:** Evolución del coeficiente de anticipación en función del bloque de edad.
- **Figura 40:** Evolución del coeficiente de aciertos en función del bloque de edad.
- **Figura 41:** Evolución del coeficiente de percepción de las trayectorias en función del bloque de edad.
- **Figura 41a, 41b y 41c:** Influencia de la práctica o no de deporte en los coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.).
- **Figura 42:** Evolución del coeficiente de anticipación en función de la práctica del fútbol.
- **Figura 43:** Evolución del coeficiente de aciertos en función de la práctica del fútbol.
- **Figura 44:** Evolución del coeficiente de percepción de las trayectorias en función de la práctica o no de fútbol.
- **Figura 45:** Evolución del coeficiente de anticipación en función del tipo de deporte practicado (con o sin balón).
- **Figura 46:** Evolución del coeficiente de aciertos en función del tipo de deporte practicado (con o sin balón).
- **Figura 47:** Evolución del coeficiente de percepción de las trayectorias en función del tipo de deporte practicado (con o sin balón).
- **Figura 48:** Evolución del coeficiente de anticipación en función del tipo de deporte practicado.
- **Figura 49:** Evolución del coeficiente de aciertos en función del tipo de deporte practicado.
- **Figura 50:** Evolución del coeficiente de percepción de las trayectorias en función del tipo

de deporte practicado.

- **Figura 51:** Evolución del coeficiente de anticipación en función de la práctica deportiva acumulada.
- **Figura 52:** Evolución del coeficiente de aciertos en función de la práctica deportiva acumulada.
- **Figura 53:** Evolución del coeficiente de percepción de las trayectorias en función de la práctica deportiva acumulada.
- **Figura 54:** Coeficiente de anticipación en función de la posición en el campo.
- **Figura 55:** Coeficiente de aciertos en función de la posición en el campo.
- **Figura 56:** Coeficiente de percepción de las trayectorias en función de la posición en el campo.
- **Figura 57:** Coeficiente de anticipación en función de la habilidad futbolística.
- **Figura 58:** Coeficiente de aciertos en función de la habilidad futbolística.
- **Figura 59:** Coeficiente de percepción de las trayectorias en función de la habilidad futbolística.
- **Figura 60:** Coeficiente de anticipación en función de la agudeza visual.
- **Figura 61:** Coeficiente de aciertos en función de la Agudeza visual.
- **Figura 62:** Coeficiente de percepción de las trayectorias en función de la Agudeza visual.
- **Figura 63:** Coeficiente de anticipación en función del estado visual.
- **Figura 64:** Coeficiente de aciertos en función del estado de visual.
- **Figura 65:** Coeficiente de percepción de las trayectorias en función del estado visual.
- **Figuras 66a, 66b y 66c:** Coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) en función del sexo del sujeto.
- **Figura 67:** Coeficiente de anticipación en función del tiempo de reacción visual.
- **Figura 68:** Coeficiente de aciertos en función del tiempo de reacción visual.
- **Figura 69:** Coeficiente de percepción de las trayectorias en función del tiempo de reacción visual.
- **Figura 70:** Coeficiente de anticipación en función del tiempo motor.
- **Figura 71:** Coeficiente de aciertos en función del tiempo motor.
- **Figura 72:** Coeficiente de percepción de las trayectorias en función del tiempo motor.
- **Figura 73:** Coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) para las distintas posiciones.

- **Figura 74a, 74b y 74c:** Influencia del ojo director en los coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.).
- **Figuras 75a a 75i:** Influencia del ojo director en los coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) desde distintas posiciones.
- **Figuras 76a, 76b, 76c:** Influencia de la mano dominante en los coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.),
- **Figuras 77a a 77i:** Influencia de la mano dominante en los coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) desde las distintas posiciones.
- **Figuras 78a, 78b, 78c:** Influencia de la relación “ojo director – dominancia manual” en los coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.),
- **Figuras 79a a 79f:** Influencia de la relación ojo director – mano dominante en los coeficientes de anticipación (C.An.), aciertos (C.Ac.) y percepción de las trayectorias (C.P.T.) desde las distintas posiciones.
- **Figuras 79g a 79i:** Influencia de la relación ojo director – mano dominante en los coeficientes desde las distintas posiciones.

IX. ANEXOS.

ANEXO 1: HOJA DE ANOTACIÓN DE DATOS.

REGISTRO DE DATOS. PERCEPCIÓN DE TRAYECTORIAS.

Fecha:		Lugar:		Iluminación:	
Nombre:		Nº Id:	Edad:	Sexo: <input type="checkbox"/> Masc. <input type="checkbox"/> Fem.	
¿Qué deporte practica?	<input type="checkbox"/> F. Sala (4)	<input type="checkbox"/> Portero (1)	Dedicación: <input type="checkbox"/> Amateur (1) <input type="checkbox"/> Semi-profesional (2) <input type="checkbox"/> Profesional (3)		
	<input type="checkbox"/> Fútbol (3)	<input type="checkbox"/> Defensa (2)			
	<input type="checkbox"/> Otro con pelota (2) → (↑)	<input type="checkbox"/> Central (3)	¿Horas por semana?		
<input type="checkbox"/> Otro sin pelota (1) → (0)	<input type="checkbox"/> Delantero (4)	¿Hace cuantos años?			
<input type="checkbox"/> Ninguno (0) → (0) → (0)	Club:		División:		Categoría:
A.V.O.D	A.V.O.I	A.V.O.U	Ojo Director: <input type="checkbox"/> Ojo Derecho (1) <input type="checkbox"/> Ojo Izquierdo (2) <input type="checkbox"/> Sin Dominancia (0)		
TRV1:	RR1:	TRV2:	RR2:	TRV3:	RR3:
Sistema de Corrección Habitual:	<input type="checkbox"/> Ninguno (0) <input type="checkbox"/> Lentes de Contacto (1) <input type="checkbox"/> Gafas (2) <input type="checkbox"/> Otro (3)	Sistema de Corrección durante el test:	<input type="checkbox"/> Ninguno (0) <input type="checkbox"/> Lentes de Contacto (1) <input type="checkbox"/> Gafas (2) <input type="checkbox"/> Otro (3)		
Estado Psico-Físico Actual:	<input type="checkbox"/> Muy bueno (1) <input type="checkbox"/> Bueno (2) <input type="checkbox"/> Regular (3) <input type="checkbox"/> Malo (4) <input type="checkbox"/> Muy Malo (5)	Test de Habilidad Futbolística: (1 a 100 pts)	1 ^{er} Intento	2 ^o Intento	Media
Observaciones:					
Habiendo sido informado con anterioridad del contenido de esta batería de test, he accedido a participar en ella de manera voluntaria. Autorizo el uso de mis datos con fines de investigación y publicación científica. (Firmado)					

POSICIÓN:						POSICIÓN:					
Intento	1	2	3	4	5	Intento	1	2	3	4	5
T.Dec						T.Dec					
T.Total						T.Total					
Decisión						Decisión					
Caída						Caída					
POSICIÓN:						POSICIÓN:					
Intento	1	2	3	4	5	Intento	1	2	3	4	5
T.Dec						T.Dec					
T.Total						T.Total					
Decisión						Decisión					
Caída						Caída					

ANEXO 2: 50 LANZAMIENTOS SUCESIVOS A LAS NUEVE ZONAS.

LANZAMIENTOS A LA POSICIÓN 9. (0→3, 0→3)

Nº	"X"	"Y"	13	2	2	26	2	2	39	2	1
1	2	1	14	2	1	27	2	2	40	2	3
2	2	-1	15	2	2	28	2	1	41	2	2
3	2	2	16	3	1	29	2	1	42	2	2
4	2	2	17	3	2	30	2	1	43	1	2
5	2	1	18	2	1	31	2	1	44	2	2
6	2	2	19	2	-1	32	2	1	45	2	1
7	1	3	20	2	2	33	2	2	46	3	2
8	2	1	21	2	2	34	2	-1	47	2	1
9	3	1	22	1	3	35	2	1	48	3	1
10	2	1	23	1	3	36	2	2	49	2	1
11	1	1	24	2	2	37	2	2	50	2	2
12	2	2	25	2	-1	38	3	1	92% de Efectividad		

LANZAMIENTOS A LA POSICIÓN 8. (3→6, 0→3)

Nº	"X"	"Y"	13	5	2	26	5	-1	39	4	2
1	4	1	14	5	4	27	5	3	40	5	-1
2	5	3	15	5	2	28	5	2	41	5	2
3	5	1	16	5	1	29	5	4	42	4	2
4	5	2	17	5	2	30	5	2	43	5	3
5	5	4	18	4	3	31	5	2	44	5	2
6	5	-1	19	4	2	32	5	-2	45	5	3
7	4	2	20	6	2	33	4	2	46	4	3
8	5	2	21	5	2	34	5	3	47	5	3
9	4	1	22	5	5	35	5	4	48	5	2
10	6	1	23	5	2	36	5	4	49	5	2
11	5	2	24	5	1	37	5	2	50	4	2
12	4	5	25	5	2	38	6	2	80% de Efectividad		

LANZAMIENTOS A LA POSICIÓN 7. (6→9, 0→3)

b

Nº	"X"	"Y"	13	7	1	26	7	2	39	7	2
1	7	2	14	7	3	27	8	2	40	9	2
2	7	2	15	7	2	28	7	2	41	8	3
3	9	3	16	7	2	29	8	3	42	7	3
4	9	3	17	8	2	30	8	3	43	7	2
5	9	2	18	8	2	31	8	3	44	8	3
6	7	2	19	7	2	32	7	2	45	7	3
7	7	2	20	8	3	33	7	3	46	8	3
8	8	1	21	8	4	34	7	3	47	7	3
9	8	2	22	8	2	35	7	3	48	8	2
10	7	1	23	8	3	36	8	3	49	7	3
11	7	3	24	7	2	37	7	2	50	7	2
12	8	2	25	8	3	38	7	2	100% de Efectividad		

LANZAMIENTOS A LA POSICIÓN 6. (0→3, 3→6)

Nº	"X"	"Y"	13	1	7	26	1	5	39	3	4
1	2	6	14	1	6	27	1	6	40	1	5
2	2	2	15	3	4	28	2	5	41	2	6
3	2	4	16	1	6	29	1	5	42	1	4
4	2	4	17	4	8	30	2	6	43	2	6
5	2	4	18	2	6	31	1	6	44	2	2
6	2	4	19	3	5	32	2	4	45	1	4
7	1	5	20	2	4	33	2	7	46	3	1
8	1	5	21	1	6	34	2	6	47	1	5
9	1	5	22	1	7	35	2	4	48	2	5
10	2	7	23	1	6	36	1	5	49	2	6
11	2	5	24	1	5	37	2	8	50	2	4
12	2	4	25	3	6	38	2	6	84% de Efectividad		

LANZAMIENTOS A LA POSICIÓN 5. (3→6, 3→6)

Nº	"X"	"Y"	13	6	5	26	5	5	39	5	4
1	5	5	14	4	6	27	5	5	40	5	7
2	6	6	15	4	2	28	5	8	41	6	5
3	6	5	16	4	6	29	5	4	42	5	5
4	5	6	17	5	4	30	5	6	43	6	6
5	5	6	18	5	5	31	6	4	44	6	5
6	5	6	19	5	6	32	5	6	45	5	6
7	5	5	20	5	4	33	2	2	46	4	6
8	5	7	21	5	6	34	5	6	47	5	6
9	5	5	22	5	6	35	5	6	48	7	5
10	6	6	23	4	4	36	5	5	49	4	4
11	5	4	24	6	5	37	5	8	50	5	5
12	4	5	25	6	6	38	5	7	96% de Efectividad		

LANZAMIENTOS A LA POSICIÓN 4. (6→9, 3→6)

Nº	"X"	"Y"	13	8	5	26	8	4	39	8	5
1	8	4	14	7	5	27	8	3	40	8	6
2	7	4	15	8	6	28	7	3	41	8	6
3	7	4	16	8	5	29	8	5	42	8	4
4	8	4	17	8	5	30	8	4	43	8	2
5	8	4	18	7	1	31	7	7	44	9	6
6	8	5	19	7	4	32	8	5	45	8	5
7	8	5	20	6	5	33	8	4	46	8	5
8	8	4	21	8	4	34	8	5	47	8	5
9	8	3	22	8	5	35	8	6	48	8	5
10	7	4	23	7	4	36	8	5	49	6	2
11	8	5	24	8	4	37	8	6	50	8	5
12	7	5	25	8	6	38	8	5	94% de Efectividad		

LANZAMIENTOS A LA POSICIÓN 3. (0→3, 6→9)

Nº	"X"	"Y"	13	3	9	26	2	9	39	2	7
1	2	10	14	2	9	27	1	9	40	2	10
2	1	7	15	2	7	28	2	8	41	2	10
3	2	8	16	1	10	29	1	10	42	2	10
4	1	8	17	1	7	30	-1	7	43	2	7
5	2	10	18	2	10	31	1	9	44	2	8
6	2	9	19	1	8	32	1	8	45	2	8
7	4	8	20	1	8	33	1	7	46	2	7
8	1	7	21	2	8	34	2	10	47	1	8
9	2	8	22	1	7	35	2	9	48	-1	7
10	4	8	23	3	7	36	3	7	49	1	9
11	1	7	24	2	7	37	1	7	50	2	7
12	1	9	25	2	8	38	2	8	76% de Efectividad		

LANZAMIENTOS A LA POSICIÓN 2. (3→6, 6→9)

Nº	"X"	"Y"	13	5	8	26	5	5	39	4	8
1	4	8	14	5	10	27	5	9	40	5	5
2	5	9	15	5	8	28	5	8	41	5	8
3	5	7	16	5	7	29	5	10	42	4	8
4	5	8	17	5	8	30	5	8	43	5	9
5	5	10	18	4	9	31	5	8	44	5	8
6	5	5	19	4	8	32	5	5	45	5	9
7	4	8	20	6	8	33	4	8	46	4	9
8	5	8	21	5	8	34	5	9	47	5	9
9	4	7	22	5	10	35	5	10	48	5	8
10	6	7	23	5	8	36	5	10	49	5	8
11	5	8	24	5	7	37	5	8	50	4	8
12	4	10	25	5	8	38	6	8	84% de Efectividad		

LANZAMIENTOS A LA POSICIÓN 1. (6→9, 6→9)

Nº	"X"	"Y"	13	7	8	26	7	7	39	7	9
1	9	8	14	9	7	27	7	9	40	8	9
2	9	7	15	8	8	28	8	7	41	8	8
3	8	7	16	7	9	29	7	8	42	8	5
4	7	8	17	8	9	30	7	9	43	7	8
5	8	5	18	8	9	31	7	9	44	7	7
6	8	7	19	7	9	32	8	8	45	7	7
7	7	9	20	7	10	33	7	10	46	7	8
8	8	8	21	7	9	34	7	8	47	7	7
9	9	7	22	7	8	35	7	9	48	7	8
10	7	5	23	4	8	36	8	9	49	7	7
11	8	9	24	7	9	37	8	10	50	5	8
12	7	7	25	7	8	38	7	8	86% de Efectividad		

ANEXO 3-A: RESULTADOS DE 50 LANZAMIENTOS ALEATORIOS.

N°	Ideal	Real	13	9	9	26	1	Out	39	9	9
1	3	3	14	6	9	27	6	6	40	5	5
2	9	9	15	9	9	28	2	2	41	6	9
3	6	6	16	6	6	29	5	2	42	7	7
4	5	6	17	4	4	30	8	8	43	9	9
5	7	9	18	6	6	31	2	1	44	9	9
6	6	9	19	1	1	32	4	4	45	7	7
7	4	4	20	2	2	33	9	9	46	3	3
8	5	5	21	2	Out	34	7	7	47	7	7
9	4	4	22	6	6	35	1	1	48	1	1
10	5	2	23	3	3	36	4	4	49	2	2
11	1	1	24	6	6	37	9	9	50	3	3
12	9	9	25	3	3	38	7	7	80% Efectividad, 2 "Out"		

ANEXO 3-B: RESULTADOS DE 50 LANZAMIENTOS ALEATORIOS.

N°	Ideal	Real	13	5	5	26	6	6	39	1	4
1	7	7	14	6	6	27	6	8	40	5	5
2	9	9	15	3	3	28	2	2	41	2	2
3	6	6	16	4	4	29	3	Out	42	4	4
4	5	2	17	1	1	30	5	5	43	9	9
5	9	9	18	9	9	31	9	9	44	7	7
6	7	7	19	1	1	32	5	5	45	5	3
7	1	4	20	9	9	33	1	1	46	1	1
8	2	2	21	8	8	34	8	8	47	7	7
9	1	1	22	4	4	35	5	5	48	2	1
10	1	4	23	7	7	36	9	9	49	5	5
11	3	Out	24	1	1	37	7	7	50	6	6
12	1	1	25	7	7	38	9	9	Efectividad 84%, 2 "Out"		

ANEXO 3-C: RE-TEST DE 50 LANZAMIENTOS ALEATORIOS.

N°	Ideal	Real	13	9	9	26	1	1	39	9	9
1	3	Out	14	6	6	27	6	6	40	5	5
2	9	9	15	9	Out	28	2	5	41	6	6
3	6	6	16	6	6	29	5	5	42	7	7
4	5	5	17	4	1	30	8	8	43	9	9
5	7	7	18	6	Out	31	2	Out	44	9	9
6	6	6	19	1	1	32	4	4	45	7	5
7	4	1	20	2	Out	33	9	9	46	3	3
8	5	5	21	2	2	34	7	7	47	7	7
9	4	4	22	6	6	35	1	1	48	1	2
10	5	5	23	3	6	36	4	4	49	2	2
11	1	1	24	6	6	37	9	Out	50	3	3
12	9	9	25	3	Out	38	7	7	76% de Efectividad, 7 Out		

ANEXO 4: APRENDIZAJE DE LA TAREA EN 25 LANZAMIENTOS.

SUJETO: Andres					POSICIÓN EVALUADA: Lateral Derecha				
Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real	Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real
1	2,34	4	1,57	2	14	2,14	6	1,46	3
2	1,80	6	1,58	8	15	2,01	6	1,07	6
3	1,88	3	1,69	9	16	1,88	3	1,22	9
4	1,97	6	1,45	5	17	2,10	1	1,58	1
5	1,83	7	1,38	7	18	2,14	6	1,17	2
6	2,07	6	1,28	6	19	1,86	9	1,09	9
7	2,04	4	1,42	4	20	2,10	6	0,97	3
8	1,79	3	1,63	5	21	1,74	9	1,09	9
9	2,05	4	1,48	4	22	2,11	6	1,05	2
10	2,07	2	1,34	5	23	2,00	9	1,02	8
11	2,03	1	1,44	4	24	2,13	2	1,52	1
12	1,75	9	1,42	9	25	2,07	5	1,01	5
13	1,82	9	1,28	9					

SUJETO: Daniel					POSICIÓN EVALUADA: Lateral Derecha.				
Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real	Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real
1	1,83	9	1,37	9	14	2,00	6	1,26	6
2	1,41	9	1,16	6	15	2,11	3	1,33	6
3	2,09	2	1,79	1	16	2,16	2	1,34	1
4	2,00	3	1,43	6	17	2,45	3	1,40	6
5	1,94	4	1,43	6	18	2,36	3	1,62	2
6	1,94	4	1,92	4	19	1,76	5	1,17	9
7	2,23	1	1,54	1	20	2,05	3	1,38	3
8	2,00	5	1,16	4	21	2,07	5	1,49	5
9	2,02	6	1,56	9	22	1,67	8	1,38	7
10	1,74	9	1,13	9	23	2,05	2	1,26	1
11	1,74	9	1,13	9	24	1,72	9	1,64	9
12	2,07	3	1,49	6	25	1,82	7	1,26	7
13	1,84	6	1,39	9					

SUJETO: Marta					POSICIÓN EVALUADA: Lateral Derecha				
Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real	Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real
1	2,84	9	1,97	9	14	2,23	6	1,93	6
2	1,77	9	1,59	8	15	2,03	4	1,93	4
3	2,20	5	1,86	4	16	1,93	9	1,71	9
4	1,72	7	1,56	7	17	2,03	4	1,95	4
5	1,96	3	1,36	5	18	2,23	2	2,07	2
6	2,03	4	1,76	4	19	2,14	6	1,90	6
7	2,12	3	1,25	5	20	2,29	2	2,00	2
8	2,01	5	1,85	5	21	2,14	6	1,90	6
9	2,17	2	1,78	1	22	2,29	2	2,00	2
10	1,65	8	1,57	9	23	1,89	8	1,71	8
11	1,94	9	1,74	9	24	2,03	6	1,78	6
12	2,09	9	1,80	9	25	1,91	5	1,79	5
13	1,82	9	1,72	8					

SUJETO: Jorge					POSICIÓN EVALUADA: Lateral Derecha				
Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real	Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real
1	2,08	3	1,63	2	14	2,00	9	1,24	9
2	1,92	9	1,45	9	15	1,89	9	1,03	9
3	1,90	9	1,37	9	16	1,99	9	1,35	8
4	2,01	8	1,17	7	17	1,94	7	1,21	7
5	2,05	7	1,20	7	18	2,02	7	1,21	9
6	2,08	6	2,08	2	19	2,07	2	1,51	2
7	2,22	2	1,88	2	20	2,40	2	1,68	1
8	1,95	7	1,76	4	21	1,94	9	1,43	9
9	2,03	8	1,48	4	22	1,94	8	1,27	5
10	2,09	6	1,81	5	23	2,34	3	1,95	2
11	2,00	9	1,24	9	24	2,09	1	1,61	1
12	2,03	8	1,48	4	25	1,89	8	1,67	8
13	2,09	6	1,81	5					

SUJETO: Miguel					POSICIÓN EVALUADA: Lateral Derecha				
Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real	Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real
1	2,34	4	1,47	2	14	2,01	6	1,00	6
2	1,80	6	1,58	8	15	2,14	6	1,29	3
3	1,97	6	1,43	5	16	1,88	3	1,18	9
4	1,88	3	1,58	9	17	2,14	6	1,06	2
5	1,83	7	1,26	7	18	1,86	9	1,01	9
6	2,07	6	1,18	6	19	2,10	6	0,97	3
7	1,79	3	1,52	5	20	2,10	1	1,48	1
8	2,04	4	1,32	4	21	2,07	6	1,00	2
9	2,05	4	1,40	4	22	1,74	9	1,02	9
10	2,07	2	1,28	5	23	2,00	9	1,02	8
11	2,03	1	1,39	4	24	2,07	5	1,00	5
12	1,75	9	1,40	9	25	2,13	2	1,42	1
13	1,82	9	1,17	9					

SUJETO: Juan					POSICIÓN EVALUADA: Lateral Derecha				
Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real	Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real
1	1,83	9	1,37	9	14	2,11	3	1,33	6
2	2,09	2	1,79	1	15	1,84	6	1,39	9
3	2,00	3	1,43	6	16	2,45	3	1,40	6
4	1,94	4	1,43	6	17	2,36	3	1,62	2
5	1,41	9	1,16	6	18	2,16	2	1,34	1
6	1,94	4	1,92	4	19	1,76	5	1,17	9
7	2,23	1	1,54	1	20	2,07	5	1,49	5
8	2,02	6	1,56	9	21	2,05	3	1,38	7
9	2,00	5	1,16	4	22	1,67	8	1,38	7
10	1,74	9	1,13	9	23	1,82	7	1,26	7
11	2,07	3	1,49	6	24	2,05	2	1,26	1
12	1,74	9	1,13	9	25	1,72	9	1,64	9
13	2,00	6	1,26	6					

SUJETO: Ruth					POSICIÓN EVALUADA: Lateral Derecha				
Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real	Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real
1	1,77	9	1,59	8	14	2,23	6	1,93	6
2	2,84	9	1,97	9	15	2,03	6	1,93	6
3	2,20	5	1,86	4	16	2,03	4	1,93	4
4	1,72	7	1,56	7	17	2,23	2	2,07	2
5	2,03	4	1,76	4	18	1,93	9	1,71	9
6	2,12	3	1,25	5	19	2,14	6	1,90	6
7	1,96	3	1,36	5	20	2,29	2	2,00	2
8	2,01	5	1,85	5	21	2,14	6	1,90	6
9	2,17	2	1,78	1	22	2,29	2	2,00	2
10	1,65	8	1,57	9	23	2,03	6	1,78	6
11	2,09	9	1,80	9	24	1,89	8	1,71	8
12	1,82	9	1,72	8	25	1,91	5	1,79	5
13	1,94	9	1,74	9					

SUJETO: Carlos					POSICIÓN EVALUADA: Lateral Derecha				
Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real	Nº	T.Total	C.Dec.	T.Dec	C.Real
1	1,92	9	1,50	9	14	1,89	9	1,12	9
2	2,08	3	1,60	2	15	2,00	9	1,30	9
3	2,01	8	1,30	7	16	1,99	9	1,38	8
4	2,05	7	1,30	7	17	2,02	7	1,31	9
5	1,90	9	1,29	9	18	1,94	7	1,32	7
6	2,08	6	1,29	9	19	1,94	9	1,53	9
7	1,95	7	1,62	4	20	2,07	2	1,61	2
8	2,03	8	1,32	4	21	2,34	3	1,80	2
9	2,22	2	1,70	2	22	1,94	8	1,37	5
10	2,09	6	1,71	5	23	2,09	1	1,71	1
11	2,00	9	1,39	9	24	2,40	2	1,70	1
12	2,09	6	1,71	5	25	1,89	8	1,65	8
13	2,03	8	1,50	4					

ANEXO 5: CARTA INFORMATIVA A LOS PADRES.

Soy Manuel Sillero Quintana, Licenciado en Educación Física por el I.N.E.F de Madrid, Diplomado en Óptica por la E.U. de Óptica de la Universidad Complutense de Madrid y trabajador del Servicio Deportivo Municipal. Estoy llevando a cabo mi proyecto de Tesis Doctoral titulado **“La percepción de trayectorias como tarea visual. Propuesta de evaluación en el fútbol”** dentro del programa de doctorado del departamento de Estructuras e Instalaciones Aplicadas a la Edificación, al Medio Ambiente y al Urbanismo de la Universidad Politécnica de Madrid.

El proyecto tiene como objetivos el analizar y definir la percepción de trayectorias de balones como tarea visual, realizando un profundo análisis de las variables visuales que pueden influir en la misma, y estableciendo la incidencia que puedan tener la edad y la experiencia en la práctica deportiva del individuo a la hora de percibir las trayectorias

La sencilla batería de test establecida para el estudio comprende:

- Un breve cuestionario para recopilar datos útiles sobre el sujeto (Nombre, Edad, Sexo, Deporte de práctica, Posición en el terreno de juego, Dedicación a la práctica deportiva, Club y Categoría y Sistema de corrección óptica utilizado).
- Evaluación de la Agudeza Visual mediante el BNT Test, en el que se aproxima una tarjeta blanca con una letra hasta que sea discriminada por el sujeto.
- Evaluación del Tiempo de Reacción Visual (Reflejos) mediante un reactómetro.
- Establecimiento del Ojo Director, que es el que dirige la mirada del sujeto.
- Un test de habilidad futbolística que consiste en la realización del mayor número de toques de balón sin que este toque el suelo (Máximo 100).
- Evaluación de la Percepción de las Trayectorias de pelotas de fútbol. Al sujeto se le requerirá indicar lo antes posible el punto de caída de un balón lanzado por una máquina lanza-pelotas mediante la presión del botón correspondiente. El sistema establecerá la anticipación y la precisión de la toma de decisión del sujeto como componentes básicos de la percepción de las trayectorias.

La batería de test es muy amena y no requiere apenas esfuerzo físico para realizarla, ni entraña riesgo alguno para la integridad física de la persona que interviene en ella. Se realizará en Pabellón Municipal de Villa de Parla. La duración aproximada es de 20 minutos por persona, aunque se puede acortar a 15 minutos si se evalúan simultáneamente 3 ó 4 personas.

Para llevar a cabo el proyecto se requiere analizar una muestra de aproximadamente 300 sujetos (Niños, Adolescentes y Adultos) con diferente nivel de experiencia en la practica de deportes con pelota Futbolistas, deportistas con pelota, deportistas sin pelota y sedentarios). Por ello, me gustaría contar con vuestra inestimable colaboración.

Para cualquier consulta sobre el tema o establecer una cita para realizar la batería de test, mi número teléfono es 91-6999439 y la hora más favorable para ponerse en contacto conmigo es de 10 a 12 de la noche.

Agradezco de antemano vuestra colaboración.

MANUEL SILLERO QUINTANA.

ANEXO 6: CARTA CON ANEXO DE AUTORIZACIÓN Y CONSENTIMIENTO.

Soy Manuel Sillero Quintana, Licenciado en Educación Física por el I.N.E.F de Madrid ,
Diplomado en Óptica por la E.U. de Óptica de la Universidad Complutense de Madrid y
trabajador del Servicio Deportivo Municipal de Parla.

Como les especifico en la **hoja adjunta**, estoy llevando a cabo mi proyecto de Tesis
Doctoral y para ello debo pasar la batería de test a muchos niños y adolescentes. No se debe
realizar ningún proyecto con menores de edad sin contar con la autorización del padre o tutor,
por lo que me dirijo a ustedes para solicitarles la autorización para que su hij@ participen en el
estudio que se realizaría, en un día y hora acordados con anterioridad, en el Pabellón Municipal
Villa de Parla.

Por supuesto, podrán traer a su hij@ al Pabellón, asistir a la realización de la toma de
datos y regresar a casa cuando termine la batería de test (20 minutos). Sin embargo, en caso
de no disponer de tiempo para ello, me ofrezco personalmente a recogerle en un punto
acordado y acompañarle hasta la puerta de su casa una vez termine la sesión de evaluación
(máximo 6 personas = 2 horas). Los costes de desplazamiento del niñ@ a la instalación
deportiva mediante el autobús del Servicio Municipal de Transportes correrían a mi cuenta.

En caso de acceder a que vuestro hij@ participe en el estudio, por favor corten por la
línea de puntos la autorización adjunta y devuélvanmela debidamente cumplimentada.

Para cualquier consulta sobre el tema o establecer una cita para realizar la batería de
test, mi número de teléfono es 91-6999439, y la hora más favorable para ponerse en contacto
conmigo es de 10 a 12 de la noche.

Agradecería su inestimable colaboración y la de su hij@.

MANUEL SILLERO QUINTANA.

D/Dª _____ como padre o tutor de

autorizo a mi hij@ a participar en el estudio "La percepción de las trayectorias como tarea
visual. Propuesta de evaluación en el fútbol", habiendo sido informado con anterioridad del
contenido del mismo. Así mismo, autorizo a la utilización de los datos con fines de investigación
y publicación de los mismos en revistas de investigación.

Firmado en _____, a ____ de _____ de 1999.

(Firma)

ANEXO 7: RESUMEN DE DATOS MÁS IMPORTANTES.

n°	Ed	GE	Dep	Pos	AVOD	AVOI	AVOU	E V	O D	H F	TM	TRV	CPT A	CPT B	CPT C	C ANT	C AC	CPT
1	19	3	1	0	1,04	1,30	1,31	Excel	2	.	,09	,23	,28	,32	,31	,33	,90	,30
2	19	3	2	5	1,18	1,02	1,30	Corr	1	.	,15	,21	,27	,30	,23	,32	,83	,27
3	20	3	0	0	1,18	1,25	1,36	Excel	2	.	,12	,24	,31	,33	,23	,38	,78	,29
4	24	3	4	3	,50	,35	,56	Inco	2	12,0	,16	,25	,16	,44	,14	,35	,68	,25
5	22	3	2	5	,27	,27	,33	Inco	1	28,0	,09	,23	,25	,17	,19	,23	,90	,20
6	21	3	1	0	,83	,73	,87	Corr	2	6,5	,10	,22	,32	,38	,34	,55	,65	,34
7	25	3	1	0	1,62	1,62	1,74	Excel	1	10,5	,13	,20	,30	,41	,23	,44	,73	,31
8	13	1	3	4	1,23	1,39	1,43	Excel	1	28,0	,11	,27	,12	,24	,10	,19	,85	,15
9	14	2	3	2	1,68	1,52	1,70	Excel	1	23,5	,10	,20	,34	,34	,22	,34	,87	,30
10	14	2	3	2	1,64	1,48	1,79	Excel	2	24,0	,09	,23	,33	,24	,19	,29	,87	,25
11	13	1	3	2	,81	1,04	1,06	Corr	1	12,0	,12	,20	,33	,38	,35	,40	,87	,35
12	15	2	3	3	1,31	1,41	1,35	Excel	2	16,0	,14	,24	,29	,23	,31	,41	,70	,28
13	16	2	3	4	,71	,83	,93	Corr	2	24,0	,15	,23	,11	,15	,21	,17	,87	,15
14	17	2	1	0	,15	,17	,29	Inco	2	14,0	,12	,26	,27	,23	,15	,25	,87	,22
15	16	2	2	5	,89	,85	1,14	Corr	2	6,0	,15	,25	,26	,23	,21	,24	,97	,23
16	23	3	4	4	,58	,42	,71	Corr	1	44,5	,10	,23	,24	,40	,32	,41	,78	,32
17	20	3	3	2	1,58	1,54	1,77	Excel	1	22,5	,16	,21	,41	,43	,25	,48	,72	,36
18	15	2	3	3	,17	,21	,27	Inco	2	33,5	,15	,24	,12	,10	,13	,13	,92	,12
19	14	2	3	4	,69	,60	,77	Corr	2	26,5	,13	,24	,31	,23	,34	,32	,90	,29
20	15	2	3	2	1,02	1,02	1,21	Corr	1	45,0	,13	,23	,33	,33	,21	,31	,93	,29
21	15	2	3	1	1,16	1,06	1,47	Excel	1	3,0	,14	,23	,31	,32	,38	,42	,82	,34
22	41	3	1	0	1,35	1,37	1,50	Excel	1	19,5	,12	,19	,34	,22	,14	,28	,78	,23
23	24	3	4	1	,98	,89	,94	Corr	1	12,5	,13	,24	,20	,42	,26	,33	,88	,29
24	16	2	4	4	,52	1,43	1,39	AmbL	2	18,0	,19	,22	,16	,11	,06	,22	,48	,11
25	20	3	1	0	1,14	,87	1,06	Corr	1	6,5	,10	,24	,36	,42	,22	,45	,75	,33
26	32	3	3	4	1,16	1,10	1,18	Corr	2	26,5	,11	,23	,28	,25	,17	,31	,73	,23
27	15	2	4	1	2,10	2,10	2,10	Excel	1	15,0	,20	,24	,21	,26	,21	,34	,63	,23
28	16	2	2	5	1,64	1,39	1,64	Excel	1	15,5	,11	,21	,43	,43	,57	,52	,90	,48
29	26	3	4	1	,42	,27	,39	Inco	2	16,5	,11	,28	,20	,23	,20	,31	,70	,21
30	15	2	0	0	,87	,83	,89	Corr	2	7,5	,16	,27	,13	,22	,09	,26	,58	,15
31	14	2	0	0	1,31	1,12	1,27	Corr	1	7,0	,16	,23	,16	,25	,27	,31	,72	,23
32	17	2	1	0	1,16	1,43	1,31	Excel	2	8,5	,12	,21	,43	,42	,20	,45	,77	,35
33	17	2	1	0	1,87	2,02	2,10	Excel	1	7,5	,12	,23	,48	,57	,32	,61	,75	,46
34	17	2	0	0	,67	,50	,77	Corr	2	3,5	,15	,23	,35	,43	,20	,43	,72	,32
35	18	3	2	5	,58	,56	,56	Inco	2	3,5	,13	,26	,26	,29	,38	,49	,67	,31
36	31	3	2	5	1,27	,60	1,10	AmbL	1	37,0	,11	,24	,31	,27	,30	,34	,90	,29
37	28	3	4	4	1,31	1,23	1,64	Excel	1	100	,09	,22	,33	,30	,28	,34	,92	,30
38	27	3	1	0	,87	,62	1,06	Corr	1	14,5	,08	,19	,28	,44	,33	,51	,68	,35
39	9	1	4	3	1,77	1,70	1,95	Excel	2	2,5	,19	,23	,09	,13	,10	,24	,48	,11
40	9	1	4	2	1,20	1,29	1,54	Excel	2	2,5	,15	,25	,18	,13	,12	,18	,80	,14
41	17	2	4	1	,93	,69	1,14	Corr	2	29,5	,14	,20	,32	,26	,29	,41	,68	,29
42	14	2	3	4	1,16	1,06	1,20	Corr	1	12,0	,08	,22	,27	,21	,25	,30	,83	,25
43	13	1	3	4	,67	,73	1,06	Corr	2	3,0	,13	,24	,25	,18	,19	,26	,85	,21
44	15	2	0	0	1,16	1,08	1,33	Excel	1	18,5	,09	,24	,21	,14	,21	,21	,87	,19
45	13	1	3	2	1,43	1,25	1,52	Excel	2	12,5	,14	,24	,13	,22	,25	,30	,67	,20
46	13	1	3	4	1,10	,85	1,20	Corr	1	28,5	,13	,21	,12	,11	,12	,16	,73	,12
47	10	1	1	0	,93	,48	,96	AmbL	2	2,5	,11	,25	,01	,06	,07	,11	,43	,05
48	22	3	1	0	1,37	1,39	1,50	Excel	1	15,5	.	.	,23	,32	,21	,35	,75	,25
49	22	3	1	0	1,62	1,48	1,72	Excel	1	20,0	,11	,27	,28	,40	,28	,39	,78	,32
50	19	3	2	5	1,04	1,13	1,29	Corr	2	4,5	.	.	,28	,32	,30	,54	,60	,30
51	13	1	0	0	1,75	1,77	1,75	Excel	1	9,0	,16	,23	,17	,23	,15	,27	,67	,19
52	22	3	1	0	,94	1,23	1,20	Corr	1	1,0	,12	,22	,27	,18	,24	,30	,80	,23
53	20	3	1	0	,75	,83	1,29	Corr	1	9,0	,13	,21	,24	,33	,26	,32	,90	,28
54	21	3	4	3	,85	,94	,93	Corr	1	6,5	,16	,23	,44	,34	,32	,43	,83	,37
55	9	1	0	0	,50	,33	,37	Inco	1	2,0	,17	,32	,16	,17	,19	,53	,37	,17
56	11	1	3	2	1,16	1,16	1,08	Corr	1	31,0	,17	,26	,14	,24	,25	,25	,82	,21
57	10	1	0	0	,85	,81	,81	Corr	1	1,5	,21	,24	,00	,05	,04	,11	,42	,03
58	9	1	4	4	1,54	1,27	1,56	Excel	1	25,0	,16	,23	,15	,11	,20	,24	,68	,15
59	9	1	1	0	1,23	1,06	1,21	Corr	2	4,5	,16	,35	,12	,13	,09	,20	,52	,11
60	9	1	1	0	1,37	1,06	1,21	Corr	1	16,0	,13	,31	,15	,12	,05	,16	,60	,11
61	20	3	4	2	,91	,93	1,18	Corr	2	38,0	,15	,22	,39	,33	,40	,45	,85	,37
62	31	3	1	0	1,31	1,23	1,21	Corr	1	3,5	,10	,27	,16	,19	,19	,25	,70	,18
63	12	1	0	0	1,31	1,29	1,39	Excel	1	3,0	.	.	,07	,06	,06	,13	,53	,06
64	9	1	0	0	1,29	1,29	1,64	Excel	1	2,0	.	.	,04	,10	,05	,14	,53	,07
65	12	1	1	0	1,21	1,33	1,50	Excel	2	3,0	,14	,24	,16	,24	,25	,34	,63	,22
66	14	2	1	0	,96	,54	1,04	AmbL	1	2,5	,18	,24	,16	,16	,05	,21	,58	,12
67	13	1	1	0	1,33	1,14	1,45	Excel	1	4,0	,14	,28	,12	,24	,13	,24	,68	,16
68	14	2	4	4	,73	,79	,87	Corr	2	42,5	,16	,23	,26	,09	,23	,23	,88	,19
69	13	1	1	0	1,27	1,29	1,33	Excel	2	2,0	,23	,22	,15	,10	,16	,17	,87	,14
70	13	1	1	0	1,21	1,35	1,54	Excel	2	2,0	,16	,23	,22	,08	,08	,18	,78	,13
71	16	2	1	0	,69	,48	,98	Corr	2	19,5	,12	,28	,24	,23	,20	,27	,80	,22
72	12	1	1	0	1,06	1,33	1,81	Excel	1	11,0	,13	,24	,11	,14	,08	,15	,70	,11
73	11	1	1	0	1,35	1,77	2,10	AmbL	1	2,5	,14	,26	,07	,11	,13	,15	,67	,10
74	10	1	1	0	,96	1,33	1,23	Corr	2	3,5	,13	,29	,06	,15	,09	,12	,77	,10
75	11	1	3	3	1,20	1,21	1,06	Corr	1	7,0	,15	,26	,14	,10	,08	,17	,60	,11
76	16	2	1	0	,52	,73	,66	Inco	2	6,5	,15	,23	,11	,20	,14	,19	,78	,15
77	18	3	4	4	2,10	2,10	1,95	Excel	1	50,0	,12	,21	,29	,22	,20	,30	,77	,24
78	10	1	1	0	,79	,73	,81	Corr	1	4,5	,13	,29	,11	,10	,12	,14	,82	,11
79	20	3	1	0	1,29	1,43	1,29	Corr	1	35,0	,13	,26	,34	,37	,29	,37	,90	,34
80	12	1	1	0	1,08	1,04	1,02	Corr	1	4,5	,17	,24	,14	,21	,20	,25	,70	,18
81	15	2	1	0	,69	,67	,83	Corr	1	91,5	,10	,24	,33	,24	,17	,34	,73	,25
82	15	2	1	0	,42	,39	,50	Inco	2	20,0	,14	,22	,18	,22	,20	,37	,55	,20
83	15	2	1	0	1,08	1,00	1,21	Corr	1	42,0	,11	,20	,32	,38	,16	,32	,90	,29

84	17	2	4	4	1,00	1,00	1,20	Corr	2	27,0	,13	,21	,36	,36	,38	,45	,85	,37
85	17	2	4	4	1,66	1,52	1,91	Excel	2	91,0	,14	,28	,31	,20	,34	,34	,83	,28
86	36	3	4	2	,85	,75	,98	Corr	2	19,5	,11	,21	,22	,26	,17	,26	,82	,22
87	11	1	1	0	1,14	1,06	1,23	Corr	1	45,0	,10	,26	,17	,25	,18	,30	,67	,20
88	10	1	1	0	1,41	1,25	1,37	Excel	1	4,5	,14	,23	,03	,09	,06	,09	,60	,06
89	11	1	1	0	,81	,67	1,02	Corr	2	27,5	,10	,20	,23	,23	,22	,30	,78	,23
90	17	2	0	0	1,12	,54	1,08	Ambl	1	2,5	,15	,24	,16	,20	,23	,36	,53	,20
91	18	3	1	0	1,64	1,43	1,50	Excel	2	10,0	,15	,23	,28	,39	,24	,45	,70	,30
92	17	2	4	4	1,31	1,52	1,81	Excel	1	4,0	,12	,22	,32	,07	,30	,28	,77	,23
93	18	3	4	4	,83	,52	,81	Corr	2	69,0	,14	,20	,41	,35	,36	,45	,83	,37
94	31	3	1	0	1,39	1,58	1,64	Excel	1	12,0	,13	,24	,38	,40	,39	,49	,78	,39
95	25	3	1	0	,64	,64	,98	Corr	1	7,0	,12	,20	,12	,17	,20	,19	,88	,16
96	18	3	1	0	,85	,73	1,02	Corr	1	5,5	,14	,23	,32	,44	,43	,46	,85	,40
97	24	3	1	0	,46	,58	,85	Corr	1	4,0	,14	,23	,29	,40	,43	,44	,85	,37
98	23	3	1	0	,42	,39	,67	Corr	1	8,0	,10	,23	,20	,29	,18	,34	,73	,22
99	22	3	0	0	,73	,58	,87	Corr	1	9,5	,12	,25	,31	,34	,31	,45	,72	,32
100	18	3	0	0	,87	,91	1,02	Corr	1	2,5	,11	,22	,34	,32	,32	,41	,80	,33
101	19	3	3	3	1,25	1,31	1,39	Excel	1	34,0	,15	,23	,27	,39	,33	,41	,78	,33
102	17	2	1	0	,73	,58	,81	Corr	1	2,5	,12	,22	,11	,06	,08	,10	,72	,09
103	18	3	1	0	,52	,60	,81	Corr	1	3,5	,15	,23	,27	,21	,13	,27	,77	,20
104	13	1	2	5	1,21	1,37	1,39	Excel	2	14,0	,14	,20	,32	,29	,21	,51	,53	,27
105	13	1	2	5	,67	,54	,75	Corr	1	25,0	,13	,23	,23	,22	,28	,36	,72	,24
106	10	1	2	5	1,62	1,18	1,68	Ambl	1	4,0	,14	,26	,15	,24	,24	,32	,63	,21
107	11	1	2	5	,96	,60	,91	Corr	1	3,0	,15	,26	,28	,24	,14	,30	,70	,22
108	12	1	2	5	1,06	1,06	1,50	Excel	1	2,0	,17	,25	,27	,28	,26	,47	,62	,27
109	23	3	0	0	,58	,40	,66	Inco	1	7,0	,16	,20	,39	,42	,38	,53	,75	,39
110	14	2	2	5	,89	,96	1,00	Corr	2	25,0	,09	,23	,18	,23	,24	,26	,80	,22
111	23	3	3	2	1,12	1,06	1,27	Corr	1	22,0	,16	,21	,25	,22	,16	,25	,83	,21
112	25	3	1	0	,67	,71	,79	Corr	1	7,5	,16	,26	,19	,24	,23	,24	,88	,22
113	20	3	2	5	,40	,39	,46	Inco	1	22,5	,18	,21	,37	,38	,45	,43	,93	,40
114	22	3	1	0	1,33	,94	1,25	Corr	2	3,5	,11	,23	,24	,39	,25	,41	,73	,30
115	22	3	1	0	1,23	1,25	1,37	Excel	1	51,0	,12	,26	,41	,31	,32	,51	,72	,35
116	19	3	0	0	,27	,25	,39	Inco	1	6,5	,13	,27	,34	,26	,18	,38	,70	,26
117	23	3	1	0	1,91	1,62	1,77	Excel	1	6,5	,13	,23	,36	,40	,26	,54	,67	,34
118	20	3	1	0	1,74	1,66	2,01	Excel	1	3,5	,13	,22	,24	,33	,26	,39	,73	,28
119	20	3	4	4	1,37	,54	1,41	Ambl	1	61,5	,11	,22	,31	,25	,28	,35	,83	,28
120	20	3	4	4	,54	,13	,77	Ambl	1	27,5	,17	,22	,19	,16	,18	,26	,72	,18
121	31	3	0	0	,96	,67	1,12	Corr	1	5,5	.	.	,41	,42	,32	,43	,88	,38
122	21	3	0	0	,35	,50	,75	Corr	1	56,0	.	.	,18	,23	,20	,28	,78	,20
123	24	3	1	0	,89	,89	1,02	Corr	1	39,5	,11	,22	,24	,26	,29	,35	,78	,26
124	20	3	3	3	1,58	,94	1,45	Ambl	1	48,5	,12	,23	,37	,52	,28	,43	,90	,39
125	14	2	3	3	1,72	1,95	2,02	Excel	1	22,0	.	.	,17	,25	,36	,34	,75	,26
126	14	2	3	3	1,75	1,85	1,68	Excel	1	19,5	.	.	,41	,25	,36	,40	,83	,34
127	14	2	3	2	1,93	1,79	1,99	Excel	1	28,5	.	.	,39	,36	,43	,45	,87	,40
128	14	2	3	1	,96	1,04	1,29	Corr	1	64,5	.	.	,35	,29	,22	,35	,82	,29
129	13	1	3	2	1,83	1,70	2,01	Excel	1	17,5	.	.	,29	,35	,23	,31	,92	,29
130	14	2	3	4	,56	,73	,77	Corr	1	60,0	.	.	,26	,27	,10	,25	,77	,21
131	14	2	3	2	1,83	1,79	1,91	Excel	1	11,5	.	.	,26	,20	,24	,26	,90	,23
132	14	2	4	3	1,54	1,39	1,93	Excel	2	35,0	.	.	,26	,26	,22	,29	,85	,25
133	14	2	4	3	,33	,35	,46	Inco	1	19,0	.	.	,08	,18	,06	,13	,83	,11
134	13	1	4	4	1,31	1,33	1,39	Excel	1	100	.	.	,22	,38	,33	,34	,87	,31
135	24	3	1	0	1,72	1,64	1,60	Excel	2	9,5	.	.	,35	,34	,19	,39	,72	,29
136	15	2	3	3	1,77	1,68	2,04	Excel	1	15,5	.	.	,18	,38	,31	,42	,67	,29
137	15	2	3	3	1,08	1,23	1,21	Corr	2	6,5	.	.	,36	,27	,33	,39	,82	,32
138	15	2	3	3	1,25	1,20	1,52	Excel	2	45,5	.	.	,31	,30	,19	,34	,77	,27
139	20	3	0	0	1,14	,89	1,20	Corr	1	1,5	.	.	,25	,36	,30	,43	,72	,31
140	24	3	0	0	,71	,73	1,02	Corr	1	14,0	.	.	,38	,29	,24	,38	,78	,30
141	23	3	0	0	,56	,42	,60	Inco	1	16,5	.	.	,26	,38	,19	,35	,78	,28
142	29	3	0	0	,31	,39	,54	Inco	1	16,5	.	.	,22	,21	,12	,26	,68	,18
143	22	3	0	0	,21	,27	,62	Inco	1	24,5	.	.	,09	,17	,12	,14	,92	,13
144	21	3	0	0	,13	,31	,25	Inco	2	8,0	.	.	,09	,16	,19	,16	,87	,15
145	21	3	0	0	,96	,56	,85	Ambl	1	23,0	.	.	,30	,20	,24	,32	,78	,25
146	18	3	0	0	,19	,33	,50	Inco	2	22,0	.	.	,30	,35	,21	,38	,73	,29
147	20	3	4	2	,73	1,74	2,04	Ambl	2	21,0	.	.	,41	,22	,25	,34	,87	,29
148	16	2	4	2	,62	,66	,75	Corr	2	4,0	.	.	,26	,46	,31	,44	,80	,34
149	19	3	4	3	,96	,98	1,20	Corr	1	32,0	.	.	,34	,45	,22	,38	,85	,34
150	15	2	2	5	1,60	1,85	1,75	Excel	1	7,0	.	.	,35	,31	,29	,33	,97	,32
151	16	2	0	0	1,33	1,54	1,79	Excel	2	13,0	.	.	,20	,24	,24	,32	,73	,22
152	17	2	4	3	1,83	1,14	1,58	Ambl	1	100	.	.	,33	,31	,25	,31	,93	,30
153	19	3	4	4	1,04	,98	1,52	Excel	1	5,5	.	.	,21	,24	,13	,24	,82	,19
154	24	3	4	4	,56	,73	,79	Corr	2	7,0	.	.	,19	,23	,26	,36	,63	,23
155	66	4	1	0	1,00	,54	,98	Ambl	1	2,0	.	.	,04	,06	,08	,08	,82	,06
156	62	4	1	0	,42	,33	,64	Inco	2	1,5	.	.	,16	,24	,14	,40	,45	,18
157	65	4	1	0	,64	,46	,79	Corr	1	1,0	.	.	,05	,09	,12	,10	,77	,09
158	65	4	1	0	,98	,96	,96	Corr	1	2,0	.	.	,16	,11	,10	,21	,58	,12
159	66	4	1	0	,42	,33	,52	Inco	1	2,0	.	.	,16	,21	,10	,28	,57	,16
160	60	4	1	0	,69	,50	,67	Corr	1	3,0	.	.	,28	,22	,25	,38	,67	,25
161	13	1	4	4	,52	,66	,85	Corr	2	4,5	.	.	,32	,32	,21	,40	,70	,28
162	13	1	4	2	,71	,69	,87	Corr	1	10,0	.	.	,19	,12	,24	,32	,53	,18
163	13	1	4	3	,89	,89	1,20	Corr	1	12,0	.	.	,27	,28	,16	,34	,68	,24
164	14	2	0	0	1,20	1,20	1,47	Excel	2	2,0	.	.	,02	,12	,11	,11	,68	,09
165	35	3	4	3	,69	,62	,67	Corr	1	5,0	.	.	,21	,37	,33	,42	,73	,30
166	29	3	0	0	,60	,56	,85	Corr	1	1,0	.	.	,18	,36	,32	,39	,72	,29
167	46	3	2	5	,79	,83	1,10	Corr	1	4,5	.	.	,18	,23	,07	,23	,73	,16
168	66	4	2	5	,15	,12	,21	Inco	1	4,0	.	.	,00	,00	,01	,01	,93	,01
169	63	4	2	5	,19	,35	,37	Inco	1	15,0	.	.	,02	,05	,01	,03	,90	,02
170	65	4	2	5	,08	,35	,54	Inco	2	1,5	.	.	,09	,11	,09	,15	,82	,10
171	17	2	2	5	1,52	1,56	1,47	Excel	2	32,5	.	.	,44	,41	,35	,50	,82	,40
172	43	3	2	5	,42	,52	,67	Corr	1	21,5	.	.	,33	,27	,21	,34	,80	,27

173	22	3	2	5	1,31	1,41	1,35	Excel	2	16,0	.	.	,28	,20	,29	,37	,70	,26
174	15	2	2	5	1,00	,73	,85	Corr	2	9,0	.	.	,29	,32	,33	,52	,63	,31
175	16	2	2	5	,58	,42	,71	Corr	1	30,5	.	.	,21	,36	,30	,37	,78	,29
176	25	3	2	5	1,14	,87	1,06	Corr	2	6,5	.	.	,39	,38	,20	,42	,75	,32
177	25	3	2	5	1,31	1,12	1,27	Corr	1	7,0	.	.	,15	,22	,20	,28	,68	,19
178	17	2	2	5	,67	,50	,77	Corr	2	3,5	.	.	,31	,38	,17	,39	,70	,29
179	30	3	2	5	,87	,85	1,04	Corr	1	18,5	.	.	,25	,38	,22	,36	,75	,29
180	59	4	0	0	,50	,54	,62	Inco	1	9,0	.	.	,16	,21	,14	,25	,67	,17
181	61	4	0	0	,50	,33	,44	Inco	1	3,5	.	.	,10	,14	,17	,42	,37	,14
182	61	4	0	0	,62	,54	,66	Inco	1	9,5	.	.	,07	,06	,06	,12	,53	,06
183	61	4	0	0	,89	,77	,91	Corr	1	20,5	.	.	,02	,05	,01	,10	,38	,03
184	63	4	0	0	,67	,67	,93	Corr	1	2,0	.	.	,04	,10	,05	,13	,53	,06
185	16	2	2	5	,91	1,10	1,25	Corr	1	38,0	.	.	,35	,30	,35	,41	,85	,33
186	16	2	2	5	,83	,67	1,02	Corr	2	25,5	.	.	,23	,22	,21	,30	,78	,22
187	30	3	2	5	1,21	1,37	1,39	Excel	2	12,0	.	.	,31	,29	,20	,50	,53	,27
188	15	2	2	5	1,31	1,33	1,39	Excel	1	41,0	.	.	,22	,37	,32	,33	,87	,30
189	17	2	2	5	,62	,52	,60	Inco	1	17,5	.	.	,25	,37	,19	,34	,78	,27
Grand Total																		
Mean																		
95	21	2	2	2	1,00	,96	1,15	2	1	18,0	,13	,24	,24	,26	,22	,32	,75	,24

ANEXO 8: RESUMEN DE DATOS MÁS IMPORTANTES (TEST-RETEST Y CPT HOMOGENEIZADO).

n°	Ed	GE	Dep	E V	O D	CPT A	CPT B	CPT C	C ANT	C AC	CPT	C ANR	C ACR	CPTR	CPTH
1	19	3	1	Excel	2	,28	,32	,31	,33	,90	,30	.	.	.	,38
2	19	3	2	Corr	1	,27	,30	,23	,32	,83	,27	.	.	.	,34
3	20	3	0	Excel	2	,31	,33	,23	,38	,78	,29	.	.	.	,36
4	24	3	4	Inco	2	,16	,44	,14	,35	,68	,25	.	.	.	,27
5	22	3	2	Inco	1	,25	,17	,19	,23	,90	,20	.	.	.	,23
6	21	3	1	Corr	2	,32	,38	,34	,55	,65	,34	,54	,68	,37	,36
7	25	3	1	Excel	1	,30	,41	,23	,44	,73	,31	.	.	.	,35
8	13	1	3	Excel	1	,12	,24	,10	,19	,85	,15	.	.	.	,17
9	14	2	3	Excel	1	,34	,34	,22	,34	,87	,30	.	.	.	,34
10	14	2	3	Excel	2	,33	,24	,19	,29	,87	,25	.	.	.	,30
11	13	1	3	Corr	1	,33	,38	,35	,40	,87	,35	.	.	.	,39
12	15	2	3	Excel	2	,29	,23	,31	,41	,70	,28	.	.	.	,29
13	16	2	3	Corr	2	,11	,15	,21	,17	,87	,15	.	.	.	,19
14	17	2	1	Inco	2	,27	,23	,15	,25	,87	,22	.	.	.	,25
15	16	2	2	Corr	2	,26	,23	,21	,24	,97	,23	.	.	.	,27
16	23	3	4	Corr	1	,24	,40	,32	,41	,78	,32	.	.	.	,33
17	20	3	3	Excel	1	,41	,43	,25	,48	,72	,36	.	.	.	,38
18	15	2	3	Inco	2	,12	,10	,13	,13	,92	,12	.	.	.	,15
19	14	2	3	Corr	2	,31	,23	,34	,32	,90	,29	.	.	.	,32
20	15	2	3	Corr	1	,33	,33	,21	,31	,93	,29	.	.	.	,31
21	15	2	3	Excel	1	,31	,32	,38	,42	,82	,34	.	.	.	,36
22	41	3	1	Excel	1	,34	,22	,14	,28	,78	,23	.	.	.	,27
23	24	3	4	Corr	1	,20	,42	,26	,33	,88	,29	.	.	.	,32
24	16	2	4	Ambl	2	,16	,11	,06	,22	,48	,11	.	.	.	,14
25	20	3	1	Corr	1	,36	,42	,22	,45	,75	,33	,49	,77	,38	,36
26	32	3	3	Corr	2	,28	,25	,17	,31	,73	,23	.	.	.	,26
27	15	2	4	Excel	1	,21	,26	,21	,34	,63	,23	.	.	.	,24
28	16	2	2	Excel	1	,43	,43	,57	,52	,90	,48	.	.	.	,50
29	26	3	4	Inco	2	,20	,23	,20	,31	,70	,21	.	.	.	,24
30	15	2	0	Corr	2	,13	,22	,09	,26	,58	,15	.	.	.	,17
31	14	2	0	Corr	1	,16	,25	,27	,31	,72	,23	.	.	.	,26
32	17	2	1	Excel	2	,43	,42	,20	,45	,77	,35	.	.	.	,37
33	17	2	1	Excel	1	,48	,57	,32	,61	,75	,46	.	.	.	,47
34	17	2	0	Corr	2	,35	,43	,20	,43	,72	,32	.	.	.	,34
35	18	3	2	Inco	2	,26	,29	,38	,49	,67	,31	.	.	.	,32
36	31	3	2	Ambl	1	,31	,27	,30	,34	,90	,29	.	.	.	,31
37	28	3	4	Excel	1	,33	,30	,28	,34	,92	,30	.	.	.	,33
38	27	3	1	Corr	1	,28	,44	,33	,51	,68	,35	,35	,72	,27	,37
39	9	1	4	Excel	2	,09	,13	,10	,24	,48	,11	,31	,57	,16	,13
40	9	1	4	Excel	2	,18	,13	,12	,18	,80	,14	,24	,63	,15	,18
41	17	2	4	Corr	2	,32	,26	,29	,41	,68	,29	.	.	.	,31
42	14	2	3	Corr	1	,27	,21	,25	,30	,83	,25	.	.	.	,28
43	13	1	3	Corr	2	,25	,18	,19	,26	,85	,21	.	.	.	,24
44	15	2	0	Excel	1	,21	,14	,21	,21	,87	,19	.	.	.	,21
45	13	1	3	Excel	2	,13	,22	,25	,30	,67	,20	.	.	.	,22
46	13	1	3	Corr	1	,12	,11	,12	,16	,73	,12	,14	,77	,11	,14
47	10	1	1	Ambl	2	,01	,06	,07	,11	,43	,05	,23	,68	,16	,07
48	22	3	1	Excel	1	,23	,32	,21	,35	,75	,25	.	.	.	,29
49	22	3	1	Excel	1	,28	,40	,28	,39	,78	,32	.	.	.	,34
50	19	3	2	Corr	2	,28	,32	,30	,54	,60	,30	.	.	.	,32
51	13	1	0	Excel	1	,17	,23	,15	,27	,67	,19	.	.	.	,20
52	22	3	1	Corr	1	,27	,18	,24	,30	,80	,23	.	.	.	,27
53	20	3	1	Corr	1	,24	,33	,26	,32	,90	,28	.	.	.	,32
54	21	3	4	Corr	1	,44	,34	,32	,43	,83	,37	.	.	.	,40
55	9	1	0	Inco	1	,16	,17	,19	,53	,37	,17	.	.	.	,18
56	11	1	3	Corr	1	,14	,24	,25	,25	,82	,21	.	.	.	,21
57	10	1	0	Corr	1	,00	,05	,04	,11	,42	,03	.	.	.	,05

58	9	1	4	Excel	1	,15	,11	,20	,24	,68	,15	.	.	.	.	,16
59	9	1	1	Corr	2	,12	,13	,09	,20	,52	,11	.	.	.	.	,11
60	9	1	1	Corr	1	,15	,12	,05	,16	,60	,11	.	.	.	.	,12
61	20	3	4	Corr	2	,39	,33	,40	,45	,85	,37	.	.	.	.	,39
62	31	3	1	Corr	1	,16	,19	,19	,25	,70	,18	.	.	.	.	,21
63	12	1	0	Excel	1	,07	,06	,06	,13	,53	,06	.	.	.	.	,07
64	9	1	0	Excel	1	,04	,10	,05	,14	,53	,07	.	.	.	.	,08
65	12	1	1	Excel	2	,16	,24	,25	,34	,63	,22	.	.	.	.	,22
66	14	2	1	Ambl	1	,16	,16	,05	,21	,58	,12	.	.	.	.	,13
67	13	1	1	Excel	1	,12	,24	,13	,24	,68	,16	.	.	.	.	,18
68	14	2	4	Corr	2	,26	,09	,23	,23	,88	,19	.	.	.	.	,23
69	13	1	1	Excel	2	,15	,10	,16	,17	,87	,14	.	.	.	.	,16
70	13	1	1	Excel	2	,22	,08	,08	,18	,78	,13	.	.	.	.	,14
71	16	2	1	Corr	2	,24	,23	,20	,27	,80	,22	.	.	.	.	,24
72	12	1	1	Excel	1	,11	,14	,08	,15	,70	,11	.	.	.	.	,12
73	11	1	1	Ambl	1	,07	,11	,13	,15	,67	,10	.	.	.	.	,12
74	10	1	1	Corr	2	,06	,15	,09	,12	,77	,10	.	.	.	.	,12
75	11	1	3	Corr	1	,14	,10	,08	,17	,60	,11	.	.	.	.	,13
76	16	2	1	Inco	2	,11	,20	,14	,19	,78	,15	.	.	.	.	,18
77	18	3	4	Excel	1	,29	,22	,20	,30	,77	,24	.	.	.	.	,24
78	10	1	1	Corr	1	,11	,10	,12	,14	,82	,11	.	.	.	.	,14
79	20	3	1	Corr	1	,34	,37	,29	,37	,90	,34	.	.	.	.	,36
80	12	1	1	Corr	1	,14	,21	,20	,25	,70	,18	.	.	.	.	,20
81	15	2	1	Corr	1	,33	,24	,17	,34	,73	,25	.	.	.	.	,26
82	15	2	1	Inco	2	,18	,22	,20	,37	,55	,20	.	.	.	.	,21
83	15	2	1	Corr	1	,32	,38	,16	,32	,90	,29	.	.	.	.	,30
84	17	2	4	Corr	2	,36	,36	,38	,45	,85	,37	,43	,87	,38		,38
85	17	2	4	Excel	2	,31	,20	,34	,34	,83	,28	,47	,83	,39		,32
86	36	3	4	Corr	2	,22	,26	,17	,26	,82	,22	.	.	.	.	,24
87	11	1	1	Corr	1	,17	,25	,18	,30	,67	,20	.	.	.	.	,21
88	10	1	1	Excel	1	,03	,09	,06	,09	,60	,06	.	.	.	.	,06
89	11	1	1	Corr	2	,23	,23	,22	,30	,78	,23	.	.	.	.	,24
90	17	2	0	Ambl	1	,16	,20	,23	,36	,53	,20	.	.	.	.	,20
91	18	3	1	Excel	2	,28	,39	,24	,45	,70	,30	.	.	.	.	,31
92	17	2	4	Excel	1	,32	,07	,30	,28	,77	,23	.	.	.	.	,24
93	18	3	4	Corr	2	,41	,35	,36	,45	,83	,37	.	.	.	.	,38
94	31	3	1	Excel	1	,38	,40	,39	,49	,78	,39	,33	,88	,32		,40
95	25	3	1	Corr	1	,12	,17	,20	,19	,88	,16	.	.	.	.	,19
96	18	3	1	Corr	1	,32	,44	,43	,46	,85	,40	.	.	.	.	,40
97	24	3	1	Corr	1	,29	,40	,43	,44	,85	,37	.	.	.	.	,39
98	23	3	1	Corr	1	,20	,29	,18	,34	,73	,22	.	.	.	.	,25
99	22	3	0	Corr	1	,31	,34	,31	,45	,72	,32	.	.	.	.	,33
100	18	3	0	Corr	1	,34	,32	,32	,41	,80	,33	.	.	.	.	,32
101	19	3	3	Excel	1	,27	,39	,33	,41	,78	,33	.	.	.	.	,34
102	17	2	1	Corr	1	,11	,06	,08	,10	,72	,09	.	.	.	.	,09
103	18	3	1	Corr	1	,27	,21	,13	,27	,77	,20	.	.	.	.	,19
104	13	1	2	Excel	2	,32	,29	,21	,51	,53	,27	.	.	.	.	,27
105	13	1	2	Corr	1	,23	,22	,28	,36	,72	,24	.	.	.	.	,25
106	10	1	2	Ambl	1	,15	,24	,24	,32	,63	,21	.	.	.	.	,24
107	11	1	2	Corr	1	,28	,24	,14	,30	,70	,22	.	.	.	.	,22
108	12	1	2	Excel	1	,27	,28	,26	,47	,62	,27	.	.	.	.	,27
109	23	3	0	Inco	1	,39	,42	,38	,53	,75	,39	.	.	.	.	,39
110	14	2	2	Corr	2	,18	,23	,24	,26	,80	,22	.	.	.	.	,22
111	23	3	3	Corr	1	,25	,22	,16	,25	,83	,21	.	.	.	.	,21
112	25	3	1	Corr	1	,19	,24	,23	,24	,88	,22	.	.	.	.	,22
113	20	3	2	Inco	1	,37	,38	,45	,43	,93	,40	.	.	.	.	,38
114	22	3	1	Corr	2	,24	,39	,25	,41	,73	,30	.	.	.	.	,29
115	22	3	1	Excel	1	,41	,31	,32	,51	,72	,35	.	.	.	.	,34
116	19	3	0	Inco	1	,34	,26	,18	,38	,70	,26	.	.	.	.	,26
117	23	3	1	Excel	1	,36	,40	,26	,54	,67	,34	.	.	.	.	,33
118	20	3	1	Excel	1	,24	,33	,26	,39	,73	,28	.	.	.	.	,27
119	20	3	4	Ambl	1	,31	,25	,28	,35	,83	,28	.	.	.	.	,28
120	20	3	4	Ambl	1	,19	,16	,18	,26	,72	,18	.	.	.	.	,17
121	31	3	0	Corr	1	,41	,42	,32	,43	,88	,38	.	.	.	.	,37
122	21	3	0	Corr	1	,18	,23	,20	,28	,78	,20	.	.	.	.	,20
123	24	3	1	Corr	1	,24	,26	,29	,35	,78	,26	.	.	.	.	,26
124	20	3	3	Ambl	1	,37	,52	,28	,43	,90	,39	.	.	.	.	,38
125	14	2	3	Excel	1	,17	,25	,36	,34	,75	,26	.	.	.	.	,24
126	14	2	3	Excel	1	,41	,25	,36	,40	,83	,34	.	.	.	.	,30
127	14	2	3	Excel	1	,39	,36	,43	,45	,87	,40	.	.	.	.	,37
128	14	2	3	Corr	1	,35	,29	,22	,35	,82	,29	.	.	.	.	,25
129	13	1	3	Excel	1	,29	,35	,23	,31	,92	,29	.	.	.	.	,25
130	14	2	3	Corr	1	,26	,27	,10	,25	,77	,21	.	.	.	.	,20
131	14	2	3	Excel	1	,26	,20	,24	,26	,90	,23	.	.	.	.	,19
132	14	2	4	Excel	2	,26	,26	,22	,29	,85	,25	.	.	.	.	,21
133	14	2	4	Inco	1	,08	,18	,06	,13	,83	,11	.	.	.	.	,08
134	13	1	4	Excel	1	,22	,38	,33	,34	,87	,31	.	.	.	.	,29
135	24	3	1	Excel	2	,35	,34	,19	,39	,72	,29	.	.	.	.	,27
136	15	2	3	Excel	1	,18	,38	,31	,42	,67	,29	.	.	.	.	,27
137	15	2	3	Corr	2	,36	,27	,33	,39	,82	,32	.	.	.	.	,30
138	15	2	3	Excel	2	,31	,30	,19	,34	,77	,27	.	.	.	.	,24
139	20	3	0	Corr	1	,25	,36	,30	,43	,72	,31	.	.	.	.	,28
140	24	3	0	Corr	1	,38	,29	,24	,38	,78	,30	.	.	.	.	,28
141	23	3	0	Inco	1	,26	,38	,19	,35	,78	,28	.	.	.	.	,25
142	29	3	0	Inco	1	,22	,21	,12	,26	,68	,18	.	.	.	.	,16
143	22	3	0	Inco	1	,09	,17	,12	,14	,92	,13	.	.	.	.	,10
144	21	3	0	Inco	2	,09	,16	,19	,16	,87	,15	.	.	.	.	,08
145	21	3	0	Ambl	1	,30	,20	,24	,32	,78	,25	.	.	.	.	,21
146	18	3	0	Inco	2	,30	,35	,21	,38	,73	,29	.	.	.	.	,25

147	20	3	4	Ambl	2	,41	,22	,25	,34	,87	,29	.	.	.	.	,25
148	16	2	4	Corr	2	,26	,46	,31	,44	,80	,34	.	.	.	.	,31
149	19	3	4	Corr	1	,34	,45	,22	,38	,85	,34	.	.	.	.	,30
150	15	2	2	Excel	1	,35	,31	,29	,33	,97	,32	.	.	.	.	,29
151	16	2	0	Excel	2	,20	,24	,24	,32	,73	,22	.	.	.	.	,18
152	17	2	4	Ambl	1	,33	,31	,25	,31	,93	,30	.	.	.	.	,28
153	19	3	4	Excel	1	,21	,24	,13	,24	,82	,19	.	.	.	.	,16
154	24	3	4	Corr	2	,19	,23	,26	,36	,63	,23	.	.	.	.	,21
155	66	4	1	Ambl	1	,04	,06	,08	,08	,82	,06	.	.	.	.	-,02
156	62	4	1	Inco	2	,16	,24	,14	,40	,45	,18	.	.	.	.	,16
157	65	4	1	Corr	1	,05	,09	,12	,10	,77	,09	.	.	.	.	,01
158	65	4	1	Corr	1	,16	,11	,10	,21	,58	,12	.	.	.	.	,07
159	66	4	1	Inco	1	,16	,21	,10	,28	,57	,16	.	.	.	.	,13
160	60	4	1	Corr	1	,28	,22	,25	,38	,67	,25	.	.	.	.	,21
161	13	1	4	Corr	2	,32	,32	,21	,40	,70	,28	.	.	.	.	,25
162	13	1	4	Corr	1	,19	,12	,24	,32	,53	,18	.	.	.	.	,16
163	13	1	4	Corr	1	,27	,28	,16	,34	,68	,24	.	.	.	.	,19
164	14	2	0	Excel	2	,02	,12	,11	,11	,68	,09	.	.	.	.	,03
165	35	3	4	Corr	1	,21	,37	,33	,42	,73	,30	.	.	.	.	,27
166	29	3	0	Corr	1	,18	,36	,32	,39	,72	,29	.	.	.	.	,25
167	46	3	2	Corr	1	,18	,23	,07	,23	,73	,16	.	.	.	.	,11
168	66	4	2	Inco	1	,00	,00	,01	,01	,93	,01	.	.	.	.	-,09
169	63	4	2	Inco	1	,02	,05	,01	,03	,90	,02	.	.	.	.	-,06
170	65	4	2	Inco	2	,09	,11	,09	,15	,82	,10	.	.	.	.	,03
171	17	2	2	Excel	2	,44	,41	,35	,50	,82	,40	.	.	.	.	,36
172	43	3	2	Corr	1	,33	,27	,21	,34	,80	,27	.	.	.	.	,22
173	22	3	2	Excel	2	,28	,20	,29	,37	,70	,26	.	.	.	.	,23
174	15	2	2	Corr	2	,29	,32	,33	,52	,63	,31	.	.	.	.	,32
175	16	2	2	Corr	1	,21	,36	,30	,37	,78	,29	.	.	.	.	,26
176	25	3	2	Corr	2	,39	,38	,20	,42	,75	,32	.	.	.	.	,31
177	25	3	2	Corr	1	,15	,22	,20	,28	,68	,19	.	.	.	.	,18
178	17	2	2	Corr	2	,31	,38	,17	,39	,70	,29	.	.	.	.	,27
179	30	3	2	Corr	1	,25	,38	,22	,36	,75	,29	.	.	.	.	,27
180	59	4	0	Inco	1	,16	,21	,14	,25	,67	,17	.	.	.	.	,14
181	61	4	0	Inco	1	,10	,14	,17	,42	,37	,14	.	.	.	.	,13
182	61	4	0	Inco	1	,07	,06	,06	,12	,53	,06	.	.	.	.	,04
183	61	4	0	Corr	1	,02	,05	,01	,10	,38	,03	.	.	.	.	,02
184	63	4	0	Corr	1	,04	,10	,05	,13	,53	,06	.	.	.	.	,05
185	16	2	2	Corr	1	,35	,30	,35	,41	,85	,33	.	.	.	.	,31
186	16	2	2	Corr	2	,23	,22	,21	,30	,78	,22	.	.	.	.	,22
187	30	3	2	Excel	2	,31	,29	,20	,50	,53	,27	.	.	.	.	,26
188	15	2	2	Excel	1	,22	,37	,32	,33	,87	,30	.	.	.	.	,27
189	17	2	2	Inco	1	,25	,37	,19	,34	,78	,27	.	.	.	.	,24
Grand Total																
Mean																
95	21	2	2	2	1	,24	,26	,22	,32	,75	,24	,35	,74	,27	,24	