UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA

TESIS DOCTORAL

ACTIVIDAD CEREBRAL Y DEPORTE:

UN ESTUDIO MEDIANTE MAPAS

DE ACTIVIDAD ELECTRICA CEREBRAL

Autor: Francisco MIGUEL TOBAL

Director: Julio Cesar LEGIDO ARCE

Codirector: Tomás ORTIZ ALONSO

Madrid, Diciembre de 1992

Escuela de Medicina de la
Educación Física y el Deporte
Facultad de Medicina
Pabellón VI, 5.ª Planta
Universidad Complutense
28040 Madrid

D. JULIO CESAR LEGIDO ARCE, CATEDRATICO DE FISIOLOGIA DEL DEPORTE DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID;

C E R T I F I C A

Que la Tesis realizada por D. Francisco de Miguel Tobal sobre: **"ACTIVIDAD CEREBRAL Y DEPORTE: UN ESTUDIO MEDIANTE MAPAS DE ACTIVIDAD ELECTRICA CEREBRAL"**, ha sido realizada bajo mi dirección y en el momento actual está en condiciones de ser leída y juzgada.

Y para que así conste y surta los efectos oportunos firmo el presente Certificado en Madrid a tres de Noviembre de mil novecientos noventa y dos.

Julio César Legido Arce

FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

Escuela de Medicina de la
Educación Física y el Deporte
SECRETARIA

Departamento de Medicina

Facultad de Medicina
Universidad Complutense

28040 Madrid

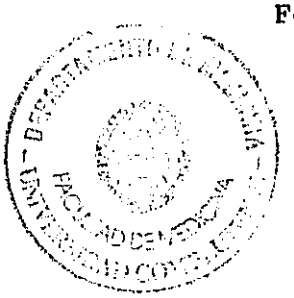
DR. D. CARLOS PEREZAGUA CLAMAGIRAND, DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE MEDICINA DE LA FACULTAD DE MEDICINA. U.C.M.

INFORMA: Que este Departamento no tiene ningún inconveniente en que D. FRANCISCO MIGUEL TOBAL, presente su Tesis Doctoral titulada: "ACTIVIDAD CEREBRAL Y DEPORTE: UN ESTUDIO MEDIANTE MAPAS DE ACTIVIDAD ELECTRICA CEREBRAL", bajo la dirección del Profesor Dr. D. Julio Cesar Legido Arce y tutela en el Departamento del Prof. Dr. D. Carlos Lozano Tonkín, para proceder a su lectura y defensa ante Tribunal y, de esta manera, poder optar al Grado de Doctor.

Lo que firmo en Madrid a diecisiete de Diciembre de mil novecientos noventa y dos.

EL DIRECTOR,

Fdo.: Prof. Dr. Carlos Perezagua Clamagirand



Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que, de una manera u otra, han apoyado mi trabajo.

En especial al Dr. Julio Cesar Legido, director de esta Tesis, por sus valiosas aportaciones y la transmisión de sus conocimientos sobre el mundo del deporte. Al Dr. Tomás Ortiz, codirector, por sus siempre acertadas sugerencias; y al Dr. Francisco José Rubia, director de la Unidad de Cartografía Cerebral, por poner a mi disposición la instrumentación necesaria para el desarrollo del proyecto.

A mi hermano, Dr. Juan José Miguel Tobal, por su colaboración desde la gestación del proyecto hasta el momento en que escribo estas líneas. Al Dr. Antonio Cano, por las muchas horas pasadas delante del ordenador desarrollando los programas necesarios para llevar a cabo los análisis estadísticos; y al Dr. Enrique García Fernández-Abascal, por la elaboración de las pruebas visoespaciales mediante ordenador utilizadas en la Tesis.

A Beny Díaz, por su dedicación y paciencia en la elaboración del presente volumen.

Y, finalmente, al Dr. Carlos Fernández Frías por su interés y aliento a lo largo de todo el trabajo; así como, a todos los compañeros que me brindaron su desinteresada ayuda para la realización de esta Tesis.

Mi enterés por el mundo del deporte se mezcla con los recuerdos de la infancia, cuando compaginaba mis estudios con la práctica asidua de deportes como futbol y atletismo, en la modalidad de lanzamiento de peso, llegando a ser en esta última disciplina Subcampeón Nacional Infantil.

No fue hasta bastantes años después cuando pude hacer compatibles las aficiones deportivas con los intereses profesionales. Fue en 1985 cuando, tras finalizar mis estudios de Medicina en la Universidad de Salamanca, tuve la ocasión de conocer al Prof. Legido y, más tarde, formar parte de la primera promoción de Médicos Especialistas en Medicina de la Educación Física y el Deporte. Por otro lado, desde 1988 soy profesor de Psicobiología en nuestra Universidad, centrando mi actividad investigadora en el área de la asimetría cerebral.

Mi Memoria de Licenciatura, presentada en la Universidad Complutense en 1986, mostraba ya esta confluencia de intereses, centrándose en las implicaciones de la lateralidad en el ámbito deportivo, empleando en este estudio técnicas taquistoscópicas y medidas del tiempo de reacción.

En el presente trabajo, conducente a la obtención del título de Doctor, hemos profundizado en este tema con un diseño más complejo y ambicioso, utilizando para ello técnicas de registro electroencefalográfico y mapas de actividad cerebral.

A lo largo de los cinco años empleados en la realización de este estudio, durante los cuales hemos tenido que superar numerosas dificultades relacionadas con la obtención de muestras adecuadas, elaboración de tests específicos mediante ordenador, problemas técnicos, etc., hemos pretendido lograr un conocimiento más preciso de las múltiples relaciones entre la funcionalidad cerebral y la actividad deportiva. Esperamos que nuestro esfuerzo haya sido útil.

INDICE

Pág.

PARTE I: ASIMETRIA CEREBRAL Y DEPORTE: ASPECTOS TEORICOS, EMPIRICOS Y METODOLOGICOS

1. LATERALIDAD: ANTECEDENTES Y CONCEPTUALIZACION 2
1.1. ANTECEDENTES HISTORICOS 4
1.2. TEORIAS ACTUALES 7

2. BASES BIOLOGICAS DE LA LATERALIDAD 12
2.1. EVOLUCION FILOGENETICA 13
2.2. ESTUDIOS ANATOMICOS 15
2.2.1. Estudios Post-mortem 16
2.2.2. Estudios In Vivo 19
2.3. ESTUDIOS GENETICOS 20
2.4. ESTUDIOS METABOLICOS Y BIOQUIMICOS 24
2.5. ESTUDIOS DEL FLUJO SANGUINEO CEREBRAL 26
2.6. ESTUDIOS DE LA ACTIVIDAD ELECTRICA CEREBRAL 28
2.6.1. Estudios Electroencefalográficos (E.E.G.) 28
2.6.2. Potenciales Evocados 32
2.7. ESTUDIOS CON RESONANCIA MAGNETICA NUCLEAR (R.M.N.) 33

3. POTENCIALES EVOCADOS 34
3.1. CLASIFICACION 36
3.2. COMPONENTE P300 41
3.3. ESTUDIOS DE LA ESPECIALIZACION HEMISFERICA MEDIANTE POTENCIALES EVOCADOS 45
3.4. INDICACIONES CLINICAS 50

4. MAPAS CEREBRALES 53
4.1. PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LOS MAPAS CEREBRALES 55
4.2. PRINCIPIOS Y METODOS 58
4.3. MAPAS CEREBRALES EN SUJETOS NORMALES 59

5. FUNCIONALIDAD HEMISFERICA 67
5.1. ASPECTOS EVOLUTIVOS 68
5.2. ESPECIALIZACION FUNCIONAL HEMISFERICA 70
5.2.1. Investigaciones realizadas en sujetos con alteración cerebral 71
5.2.1.1. Sujetos con alteraciones neurológicas graves 71
5.2.1.2. Supresión funcional experimental de uno de los hemisferios 74
5.2.1.2.1. Electroshock unilateral 75
5.2.1.2.2. Anestesia, test de Wada 75
5.2.1.3. Estudios en comisurotomizados 80
5.2.1.3.1. Estudios en comisurotomías del Quiasma Optico y Cuerpo Calloso 81
5.2.1.3.2. Estudios en comisurotomías del Cuerpo Calloso 83
5.2.2. Investigaciones realizadas en sujetos normales. Pruebas de Lateralización Perceptiva 91
5.2.2.1. Pruebas de percepción auditiva (Escucha Dicótica) . . . 91
5.2.2.2. Pruebas de percepción visual (Técnica Taquistoscópica de Hemicampos Visuales) 96
5.3. FUNCIONES DE CADA HEMISFERIO 103

6. LA ZURDERA 105
6.1. DOMINANCIA CEREBRAL EN LOS ZURDOS 107

6.1.1. Estudios en sujetos con Lesiones Cerebrales Unilaterales 108
6.1.2. Otros estudios 111
6.2. DETERMINACION DE LA PREFERENCIA MANUAL 114
6.2.1. Los tests de lateralidad 114
6.2.2. Dibujos de perfiles humanos 115
6.2.3. La postura de la mano al escribir 115
6.2.4. La mímica manual 116
6.3. HISTORIA FAMILIAR Y ZURDERA 117
6.4. ESTUDIOS SOBRE EL TIEMPO DE REACCION 119

7. LATERALIDAD Y DEPORTE 126
7.1. IMPLICACIONES GENERALES DE LA LATERALIDAD EN EL AMBITO DEPORTIVO 128
7.2. INVESTIGACIONES SOBRE LAS IMPLICACIONES DE LA LATERALIDAD EN EL DEPORTE 131
7.3. APLICACIONES DEL TIEMPO DE REACCION EN EL DEPORTE 136
7.4. LA UTILIZACION DE LA ELECTROENCEFALOGRAFIA CONVENCIONAL, LOS POTENCIALES EVOCADOS Y LA CARTOGRAFIA CEREBRAL EN EL AMBITO DEPORTIVO 139
7.4.1. Electroencefalografía convencional 139
7.4.2. Potenciales evocados 141
7.4.3. Cartografía cerebral 142

PARTE II: ESTUDIO MEDIANTE CARTOGRAFIA CEREBRAL

8. ESTUDIO EXPERIMENTAL 146
8.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION 147
8.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 149
8.3. HIPOTESIS 150
8.4. MUESTRA 153

8.5. PROCEDIMIENTO 155
8.5.1. Registro, Condiciones y Tareas Experimentales 156
8.5.2. Instrumentación 159
8.5.3. Análisis de los Registros 165
8.6. ANALISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS 169
8.6.1. Electroencefalograma 170
8.6.1.1. Condición de Ojos Cerrados 171
8.6.1.2. Condición de Ojos Abiertos 181
8.6.1.3. Resultados Generales del Estudio Electroencefalográfico 192
8.6.2. Potenciales Evocados 193
8.6.2.1. Tarea 1: Lateralización Visual de Símbolos 194
8.6.2.2. Tarea 2: Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento 203
8.6.2.3. Resultados Generales del Estudio de Potenciales Evocados 213
8.6.3. Tiempo de Reacción 215
8.6.3.1. Tarea 1: Lateralización Visual de Símbolos 215
8.6.3.2. Tarea 2: Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento 221
8.6.3.3. Resultados Generales del Estudio de Tiempo de Reacción 223
8.7. CONCLUSIONES Y DISCUSION 225

9. BIBLIOGRAFIA 230

10. ANEXOS 270
10.1. TESTS DE LATERALIDAD
10.1.1. Test de Manualidad de Edimburgo
10.1.2. Test de Dominancia Lateral
10.2. IMAGENES DE CARTOGRAFIA CEREBRAL

PARTE I:

ASIMETRIA CEREBRAL Y DEPORTE:

ASPECTOS TEORICOS, EMPIRICOS Y

METODOLOGICOS

LATERALIDAD:

ANTECEDENTES Y

CONCEPTUALIZACION

1. LATERALIDAD: ANTECEDENTES Y CONCEPTUALIZACION

La especialización hemisférica se ha convertido en uno de los campos más interesantes para el estudio de las relaciones cerebro conducta, tal como ya señalaba Zaidel (1985).

Desde antiguo se ha comprobado que los humanos casi nunca utilizamos los órganos y miembros simétricos del cuerpo de forma idéntica, dando lugar este hecho a interpretaciones varias, que van desde las mágicas y míticas hasta los actuales estudios de las asimetrías mediante cartografía cerebral.

La evolución conceptual sobre este tópico ha supuesto un largo camino no exento de dificultades. En un principio, el cerebro era considerado como un todo, sin ningún tipo de especialización. Más tarde, tras los estudios de Marc Dax (1836) y Paul Broca (1861, 1864) se comenzó a hablar de asimetría cerebral, al encontrarse diferencias anatómicas y funcionales entre ambos hemisferios cerebrales. Posteriormente Jackson (1868) propuso el concepto de Dominancia Cerebral, dándole preponderancia al hemisferio izquierdo, considerado dominante, y relegando a un segundo plano al hemisferio derecho. En la actualidad éste concepto de Dominancia cerebral se está cuestionando, surgiendo nuevas teorías como la del Continuum, de Bradshaw y Nettleton (1981), y la de la funcionalidad dinámica frente a la estructural (Moscovitch, 1979; Allen, 1983), en las que la diferencia entre los dos hemisferios es más cuantitativa que cualitativa, teniendo cada hemisferio unas funciones específicas pero completándose en su funcionamiento.

Los avances en el conocimiento de la lateralidad han requerido de numerosos estudios procedentes de distintas disciplinas, entrelazándose aportaciones de diversas especialidades médicas, biológicas y psicológicas. Los estudios realizados han incluido aspectos anatómicos, genéticos, metabólicos, bioquímicos, etc.; utilizándose en ellos una variada gama de métodos y técnicas, que abarcan desde las mediciones craneales a las novedosas técnicas de neuroimagen. En las siguientes páginas revisaremos de forma detallada estos puntos.

1.1. ANTECEDENTES HISTORICOS

El primer autor en abordar el estudio de la asimetría cerebral fue Marc Dax (1836), médico rural, cuyo trabajo, presentado en la Sociedad Médica de Motpellier, consistió en la observación de varios pacientes con afasias en los que encontró lesiones en el hemisferio izquierdo, llegando a las siguientes conclusiones: "Cada mitad del cerebro controla diferentes funciones, de las cuales el habla está controlada por la mitad izquierda".

Este trabajo no despertó interés en su tiempo y fue olvidado, aunque abrió las puertas a la investigación de las diferencias entre el cerebro izquierdo y el derecho.

Algo parecido le ocurrió al anatomista Franz Gall, coetáneo de Marc Dax, que fue el primero en considerar que el habla estaba localizada en los lóbulos frontales, dividiendo a los científicos de la época en dos corrientes:

1.- Los que, como el, consideraban que el habla estaba localizada en los lóbulos frontales.

2.- Los que creían que algunas funciones particulares no se podían localizar en regiones específicas cerebrales.

Esta discusión terminó con los hallazgos de Paul Broca, que en 1861 verificó la asimetría funcional del cerebro humano, y en 1864, en los estudios post mortem realizados en pacientes con afasia motora, encontró que no sólo la lesión estaba localizada siempre en el mismo lugar, porción posterior de la tercera circunvolución frontal (ver figura 1), sino que también estaba siempre en el mismo lado; el izquierdo. Además fue el primero en relacionar la asimetría con el uso de las manos.

Estos hallazgos tuvieron una gran significación ya que demostraron claramente que el daño restringido a una región cerebral determinada puede producir una pérdida en una función psicológica concreta.

Prácticamente las conclusiones a las que llegaron Marc Dax y Paul Broca sobre la localización del habla en el hemisferio izquierdo son similares, pero mientras las de Marc Dax fueron olvidadas, las de Paul Broca tuvieron una enorme repercusión para posteriores investigaciones debido a los numerosos hallazgos anatómicos y a la amplia información sobre la naturaleza de los problemas del habla presentados.

A partir de los estudios de Broca empezó a surgir el concepto de "Dominancia Cerebral" como un enfoque de la relación entre los dos hemisferios cerebrales.

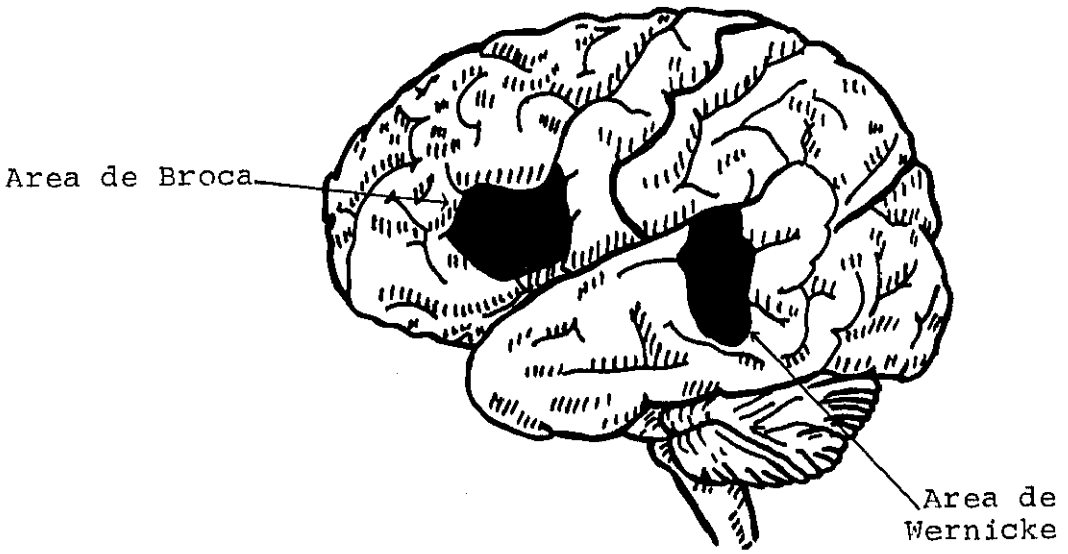
En 1868, John Hughlings Jackson, neurólogo británico, propuso su idea del hemisferio "lider" precursor del concepto de Dominancia cerebral, diciendo que en la mayoría de la gente el lado izquierdo del cerebro es el que lidera y el derecho es el automático.

En 1874 quedó demostrada más ampliamente la relación entre el hemisferio izquierdo y el lenguaje, gracias a los estudios llevados a cabo por Wernicke, quién demostró, que si se producía una lesión o daño en la parte posterior de la circunvolución temporal superior del hemisferio izquierdo (ver figura 1), se producían dificultades en la compresión del lenguaje (afasia sensorial), y si el daño se producía en el pie de la circunvolución ascendente del lóbulo frontal, también del hemisferio izquierdo, no era capaz el paciente de utilizar la palabra adecuada en el momento adecuado, sino que esa palabra aparecía de manera espontánea cuando no piensa en ella (afasia subcortical).

Otros trabajos relacionaron también problemas de escritura y lectura con lesiones en el hemisferio izquierdo. Todo esto nos lleva a la confirmación de la preponderancia del hemisferio izquierdo, considerando al hemisferio derecho como "menor" subordinado al control del izquierdo, que es el "dominante". Este concepto de "Dominancia cerebral" ha perdurado hasta nuestros días, y a ello han contribuido los numerosos estudios realizados en dos vías diferentes: por un lado los trabajos de Penfield y Roberts (1959) mediante la estimulación eléctrica directa de los hemisferios,

proporcionaron un mapa de zonas relacionadas con el lenguaje en el hemisferio izquierdo; por otro, los descubrimientos en neuroanatomía llevados a cabo por Yakolev y Rakic (1966), Geschwind y Levitsky (1968), Geschwind (1970, 1979), Rubens (1977), etc... Todos ellos deben considerarse como datos importantes en el conocimiento de las asimetrías funcionales, aunque la dominancia cerebral funcional, no tiene porque estar unida, siempre, a una asimetría neuroanatómica.

Figura 1: Representación en el hemisferio izquierdo de las áreas corticales del habla y el lenguaje en la corteza cerebral humana (área de Broca y área de Wernicke, respectivamente).



A medida que el concepto de Dominancia cerebral se iba haciendo más popular, empezaron a surgir evidencias de que el hemisferio derecho también tenía capacidades especiales. Así Jackson en 1865 escribió "pudiera probarse a través de una experiencia más amplia que la facultad de expresión reside en un hemisferio, no es nada absurdo llevar la pregunta hasta si la percepción, su correspondiente opuesto puede ser ubicado en el otro". Once años más tarde concretó que los lóbulos posteriores eran la sede de la ideación visual o del pensamiento, y que "el lóbulo posterior derecho es la sede liderante, el izquierdo la más automática". Pero lo mismo que le había ocurrido

cuarenta años antes a Marc Dax, su idea no tuvo eco en los ambientes científicos de su época, ya que los investigadores estaban más preocupados en localizar funciones en el hemisferio izquierdo, ignorando esencialmente el derecho.

Fue a finales de los años treinta, del presente siglo, cuando se habían reunido datos suficientes sobre las funciones del hemisferio derecho, como para que los científicos se interesasen más por su estudio.

La función especializada del hemisferio derecho, fue estudiada mediante la observación directa de pacientes que presentaban agnosia, en los que aparecían trastornos de orientación y perturbaciones en el reconocimiento o percepción de información familiar, todo ello debido a una lesión en el hemisferio derecho.

Las razones de que se tardara tanto tiempo en reconocer la importancia del hemisferio derecho han sido descritas por Springer y Deutsch (1988), en primer lugar parecía que pequeñas lesiones en áreas específicas del hemisferio izquierdo afectaban drásticamente el lenguaje, mientras que lesiones comparables en el hemisferio derecho no parecían causar una disfunción seria. Este hecho se interpretó originariamente como que el hemisferio derecho tenía una menor importancia en el comportamiento humano. Más recientemente, se ha intentado explicar esta diferencia, diciendo que los procesos de recorrido están distribuídos sobre zonas más amplias del cerebro en la mitad derecha que en la mitad izquierda. Por ello numerosos investigadores están pasando lentamente de nociones de dominancia cerebral a ideas de especialización hemisférica o lateralización.

1.2. TEORIAS ACTUALES

Desde mediados de los años sesenta se genera un creciente interés por explorar la lateralización cerebral en sujetos sanos mediante distintas técnicas, como la de los hemicampos visuales (Kimura, 1966, 1969) y la escucha dicótica (Kimura, 1967,

1973a; Bryden, 1970; Beaumont, 1982), de ésta manera se abría el camino para el estudio, en cerebros sanos, del problema que desde el siglo XIX venía preocupando a la neuropsicología clínica: la lateralización funcional del cerebro humano o asimetrías hemisféricas.

Esta línea de investigación dió lugar a numerosos estudios experimentales en los que se utilizaron diversos tipos de estímulos, diferentes condiciones experimentales etc... que a veces mostraban resultados equívocos (White, 1969); lo que trajo consigo que en la década de los setenta surgiese una enorme preocupación por lograr una integración de ésta información.

En el nivel explicativo dominaba la concepción estructural que consideraba al hemisferio izquierdo dominante para el habla y al derecho para el material no verbal, buscando apoyo en las explicaciones de Kimura (1961), que consideraba más claros y precisos los datos de la modalidad auditiva que los de la modalidad visual. Posteriormente Kimura, en 1973 (a), decía que, "aún nos queda mucho por descubrir sobre la transferencia del hemisferio izquierdo al derecho y del derecho al izquierdo ..." y en 1979, que "la modalidad de respuesta (manual o verbal) puede influir en la dominancia de uno u otro campo. Hasta el momento no disponemos de una explicación completamente satisfactoria".

Otro modelo que surge en éste tiempo es el modelo atencional propuesto por Kinsbourne (1970), más dinámico que el estructural de Kimura, y según el cuál, los efectos de la lateralidad podrían explicarse por la orientación de la atención.

Nuevos problemas se plantean en esta década, como el de las diferencias individuales en la selección de la muestra; bien por la diferente lateralidad manual (diestros, zurdos), o bien por las diferencias de sexo (varones, mujeres). Para esclarecer estos problemas surgen numerosos estudios que se centran sobre la representación unilateral o bilateral del lenguaje y sobre la capacidad visoespacial en los distintos grupos de sujetos (varones - mujeres, diestros - zurdos). Levy y Sperry,

atribuyen la superioridad a la representación unilateral -hipótesis de Levy Sperry; mientras Buffery y Gray, atribuyen la superioridad a la representación bilateral - hipótesis de Buffery Gray (Ver Marshall, 1973).

Por otra parte la hipótesis de Levy (1969) postula que si el mismo hemisferio sirve a funciones verbales y no verbales, podría haber un conflicto entre los diferentes modos de procesamiento de la información; de ésta forma predice peores resultados visoespaciales en aquellos casos en los que las funciones lingüísticas sean desempeñadas por el hemisferio derecho, tal como sucede en las mujeres, en quienes la dominacia visual no verbal está en mayor dependencia del hemisferio izquierdo que en los varones (McGlone y Davidson, 1973). Otros estudios que intentan encontrar una relación entre sexo y asimetría, son los llevados a cabo por Bryden y Lake (1976); Witelson (1976); Waber (1976); Davidson y Schwartz (1976).

Desde 1980, la preocupación por los estímulos utilizados y por las condiciones experimentales, base de numerosas investigaciones en los años setenta, han disminuido. Ahora la principal preocupación se desarrolla en torno a la naturaleza de la especialización de los hemisferios. Esta especialización se ha intentado estudiar desde dos vertientes:

Por un lado, desde los estudios clínicos en cerebro sano, no lesionado, como los llevados a cabo por Beaumont (1982) y Bryden (1982).

Por otro desde los estudios clínicos en comisurotomizados y lesiones cerebrales, como los llevados a cabo por Springer y Deutsch (1981) y Bradshaw y Nettleton (1983).

Apoyándose en ambos tipos de estudios clínicos, se cuestionan las dicotomías tradicionales verbal-no verbal y analítico-holistico aplicado a la lateralización del hemisferio izquierdo frente al derecho (Sergent, 1982; Fairweater, 1982; León Carrión y cols., 1990; Rosenzweig y Leiman, 1992).

En este ambiente surge la teoría de Bradshaw y Nettleton (1981) que proponen un "continuum" de función entre los hemisferios, diciendo que la diferencia entre ellos es más cuantitativa que cualitativa, afirmando que la única especialización del hemisferio izquierdo se da en términos de orden temporal, secuenciación y fragmentación. Esta teoría no ha sido respaldada por los datos obtenidos en las investigaciones realizadas en pacientes con lesión cerebral (Gainotti, 1981).

En 1980 Corbalis, aconseja interpretar la lateralidad sobre principios biológicos de continuidad interespecífica. Los estudios realizados en ésta línea consideran que la diferencia que caracteriza al hombre respecto a los demás vertebrados, en cuanto a lateralidad cerebral, puede ser la dominancia del hemisferio izquierdo para el habla.

Como puede observarse, en estos últimos años, se da una tendencia hacia la interpretación dinámica del funcionamiento asimétrico cerebral. Frente al modelo estructural se crean modelos de localización funcional que implican procesos de activación e inhibición interhemisféricos, (Moscovitch, 1976, 1979; Allen, 1983) y que necesitan de la maduración del cuerpo calloso para una mayor especialización hemisférica (Denneberg, 1981). Según lo dicho anteriormente, la especialización es mayor a medida que la información se elabora en áreas secundarias y terciarias corticales (Luria, 1983b).

Kinsbourne (1982) establece la teoría de los "espacios cerebrales funcionales" que operan según el principio de la distancia cerebral funcional, formados por áreas especializadas funcionalmente en virtud de sus conexiones con otros. Esta teoría es muy semejante a la de los "sistemas funcionales" de Luria con lo que intenta sustituir el concepto tradicional de función (Luria, 1983a, 1983b). Luria propone la aplicación de los sistemas funcionales a los procesos psicológicos, donde están implicados distintos factores en la organización del proceso psicológico, gobernados, unos por el hemisferio izquierdo y otros por el derecho, organizados en la corteza por un sistema de jerarquía de niveles funcionales y regidos los más voluntariosos por el hemisferio mayor, el

izquierdo, y los más automáticos por el menor, el derecho (Luria y Simernitskaya, 1977).

En los estudios recientemente realizados se contraponen las teorías atencionales, como la desarrollada por Kinsbourne (1970), con las teorías estructurales o "de entrada directa" en las que según el tipo de información recibida iría directamente a su hemisferio especializado. En un último intento de conjuntar la especialización hemisférica se propone considerar como unidad básica de análisis no el hemisferio, sino unidades menores llamados subprocesadores (Allen, 1983), en sustitución de las funciones y tareas.

Haciendo un pequeño resumen sobre el papel atribuido a ambos hemisferios a lo largo de los distintos estudios de la asimetría cerebral, podemos ver como en principio se hablaba de que todo el cerebro estaba implicado en cada función específica; posteriormente se pensó que el hemisferio izquierdo era el dominante y en la actualidad se piensa, que ambos hemisferios contribuyen a la conducta de manera importante mediante sus capacidades especializadas -Especialización Hemisférica-, (Springer y Deutsch, 1988).

BASES BIOLOGICAS

DE LA

LATERALIDAD

2. BASES BIOLOGICAS DE LA LATERALIDAD

En este capítulo vamos a analizar las bases biologicas en las que se sustenta la lateralidad, haciendo referencia a los siguientes aspectos:

- Estudios Filogenéticos.
- Estudios Anatómicos.
- Estudios Genéticos.
- Estudios Metabólicos y Bioquímicos.
- Estudios del Flujo Sanguíneo.
- Estudios de la Actividad Cerebral.
- Estudios con Resonancia Magnética Nuclear (R.M.N.)

2.1. EVOLUCION FILOGENETICA

A lo largo de las investigaciones realizadas sobre la evolución de las especies, se vio que una de las partes que ha sufrido una enorme transformación ha sido el cerebro, que pasó de ser simétrico, no habiendo diferencia en cada hemisferio, a ser asimétrico, conservando cada hemisferio sus particularidades (Levy, 1976; Springer y Deutsch, 1981).

Importantes estudios sobre la evolución cerebral han sido llevados a cabo por antropólogos. Tras el estudio de los Australopitécidos, especie de homínidos descubierta en Africa, así como del análisis de los restos de sus víctimas, llegaron a la conclusión de que estos homínidos cazaban a sus víctimas con unos guijarros tallados por ellos mismos asestándoles golpes en la cabeza hasta que las mataban (Levy, 1976).

Después de un minucioso examen de los restos craneales de las víctimas, vieron que no sólo habían sido golpeados en la cabeza intencionadamente, sino que además, estos golpes, se realizaron con la mano derecha. Sabiendo que la mayor parte de las fibras nerviosas, se cruzan para inervar el cuerpo y que utilizaban preferentemente la

mano derecha, podemos llegar a la conclusión de que los Australopitécidos presentaban una actividad dominante del Hemisferio Izquierdo.

Uno de los primeros investigadores que estudió a los hombres primitivos a través de sus restos pictóricos, los cadáveres de sus víctimas, los utensilios tallados encontrados en distintas cuevas, etc., intentando demostrar algún tipo de asimetría, fue Sir Daniel Wilson (1891).

Sin embargo los primeros en demostrar la asimetría de los Austrolopitécidos fueron Gundara y Zivanovic (1968), quienes tras el estudio de los cráneos de estos homínidos vieron que tenían una región parieto-occipital más grande en el hemisferio izquierdo. Esta asimetría también se vio en el Pithecantropus Erectus, en el Hombre de Neanderthal y en el de Cromagnon, especie esta última, a la que pertenece el hombre.

LeMay y Geschwind (1975), han realizado estudios sobre una pequeña cresta situada en la cara interna de la bóveda craneana y que se corresponde con la Cisura de Silvio, encontrando asimetrías entre los distintos monos pero solo en ésta estructura; ya que las impresiones temporo-occipitales, que son asimétricas desde los Austrolopitécidos hasta nosotros, en los monos son totalmente simétricas.

Todos estos estudios realizados demuestran claramente, que es la asimetría cerebral lo que diferencia al hombre no sólo del mono sino de cualquier otro tipo de animal y que esta evolución de la asimetría todavía no ha terminado, como lo confirman los estudios de Spatz (1957), quién vaciando los cráneos de cerebros y rellenandolos de escayola, ha puesto en evidencia la progresiva profundidad de impresión, sobre todo de las regiones basales frontales anteriores y temporales izquierdas.

Existen evidencias de que la asimetría cerebral se daba ya en los primeros homínidos, tal como muestran los hallazgos de los antropólogos Gundara y Zivanovic,

quienes en 1968, estudiando en Africa los cráneos de los Australopitécidos, descubrieron que en ellos había asimetrías, ya que tenían una región parieto-occipital agrandada en el hemicráneo izquierdo.

En 1972, LeMay y Culebras encontraron que ciertas impresiones de las superficies internas de los cráneos de los antiguos humanos, concretamente las diferencias laterales en las cisuras de Silvio, podían reflejar asimetrías cerebrales.

Algunas de las más amplias asimetrías anatómicas que presenta el cerebro humano, tanto en el feto como en los adultos, han sido también encontradas en los cráneos fosilizados de nuestros ancestros. El interior del cráneo del hombre de Neanderthal, que vivió hace aproximadamente de 30.000 a 50.000 años, muestra la típica asimetría de la cisura de Silvio, siendo la izquierda más larga y recta, mientras que la derecha al final gira hacia arriba. Un patrón similar se encuentra en el Sinanthropus Pekinensis u Hombre de Pekin.

Más recientemente Holloway y LaCoste-Lareymondie (1982) han señalado que los cráneos de los humanoides muestran el mismo patrón de asimetrías que el encontrado en los hombres actuales. Aunque los cráneos fosilizados de los primates muestran menos frecuentemente asimetrías, cuando estas asimetrías se presentan siguen el mismo patrón que en el hombre moderno. Información más detallada sobre estos aspectos puede verse en Geschwind y Galaburda (1987).

2.2. ESTUDIOS ANATOMICOS

Existe una larga historia de observaciones conflictivas sobre la asimetría cerebral, pero la lista significativa es ahora muy corta. Características tales como el tamaño, el peso y las ramificaciones de los giros de la corteza cerebral, no revelan ninguna asimetría destacable, lo cual es sorprendente a la luz de las asimetrías en las propiedades funcionales de los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo (Eccles, 1992).

Para una mejor compresión de estos estudios, los dividiremos en los realizados post-morten y los realizados sobre organismos vivos.

2.2.1. Estudios Post-mortem

Las primeras investigaciones realizadas en éste campo datan de la segunda mitad del siglo XIX, en la que Sir Daniel Wilson (1891) llevó a cabo el ya mencionado análisis de restos pictóricos y utensilios tallados encontrados en distintas cuevas, intentando demostrar algún tipo de asimetría. El Dr. O'Oconnor, colaborador durante tiempo de Sir Daniel Wilson, aproximadamente por la misma fecha encontró diferencias anatómicas en cuanto al origen de las arterias que van a irrigar a ambos hemisferios cerebrales; así señaló una serie de hechos:

1. La arteria carótida izquierda nace de la aorta ascendente, mientras que la carótida derecha nace de la arteria innominada.

2. La arteria vertebral derecha es una rama de la subclavia, naciendo después de que ésta última haya descrito un arco y comience a horizontalizarse, mientras que la arteria vertebral izquierda, surge desde el apex de la curva de la subclavia.

Estas investigaciones, que ya apuntaban una diferencia importante en cuanto a las asimetrías anatómicas en ambos hemisferios, pasaron desapercibidas durante mucho tiempo, ya que entre los neurólogos prevalecía la opinión de que las asimetrías funcionales del cerebro no se correspondían de ninguna manera, con las asimetrías anatómicas y éstas tenían escasa importancia para ellos, aunque si las reconocían.

Este panorama cambió hacia finales de los años 60, cuando se empezó a ver la posibilidad de que las asimetrías funcionales entre ambos hemisferios cerebrales, podían corresponderse con las asimetrías anatómicas, comenzándose a desarrollar una serie de investigaciones para localizar y determinar estas asimetrías anatómicas.

Así Yakolev y Rakic (1966), descubren una asimetría en la decusación de los tractos piramidales, señalando que en el 30% de los casos estudiados, el tracto piramidal procedente del hemisferio izquierdo se decusa a nivel del Bulbo, antes que el procedente del hemisferio derecho.

Posteriormente Geschwind y Levitsky (1968), siguiendo unas observaciones hechas anteriormente por Richard A. Pfeifer, realizaron unos estudios que contribuyeron enormemente a relacionar las asimetrías funcionales y anatómicas. Estos estudios consistieron en el examen post-mortem de 100 cerebros humanos considerados como normales, fijándose únicamente en los aspectos anatómicos más importantes y centrando su estudio sobre la región temporal, llegaron a la conclusión de que en el 65% de los casos, el plano temporal izquierdo es más amplio y mayor que el derecho, en un 11% era más amplio el plano temporal derecho y en el 24% restante no existían diferencias sustanciales. Este plano temporal forma parte de la llamada área de Wernicke, llamada así al ser el primero en establecer la relación existente entre el daño producido en ese área y la presentación de los síntomas afásicos; creyendo tanto Geschwind como Levitsky, que las asimetrías anatómicas observadas se correspondían con las asimetrías funcionales controladas por éste área.

También y derivando de los mismos estudios, Geschwind y Levitsky observaron que la orientación y la longitud de las cisuras Silvianas son diferentes en cada hemisferio; en el lado izquierdo, la cisura silviana es más corta y horizontal, presentando un ángulo mayor hacia atrás debido al aumento de volumen del lóbulo temporal.

Posteriormente estudios post-mortem realizados sobre 337 cerebros humanos considerados como normales y donde están incluidos los 100 cerebros estudiados por Geschwind y Levitsky, corroboran los hallazgos de éstos, mostrando en un 70% asimetrías a favor del hemisferio izquierdo, en longitud o área del plano temporal. Conclusiones similares son las obtenidas por Rubens en 1977.

Geschwind (1970), demuestra que el área posterior a la corteza auditiva primaria, en la parte superior del lóbulo temporal, es más larga en el hemisferio izquierdo.

Juhn A. Wada comprobó que la asimetría del plano temporal es ya detectable en el feto humano. Wada y cols. (1975) han confirmado la asimetría habitual en los cerebros adultos y además lo han demostrado en 100 cerebros de bebes y fetos humanos de tan solo 29 semanas.

Posteriormente un colega de Geschwind, llamado Albert M. Galaburda, junto a sus colaboradores, descubrió en 1978, que el mayor tamaño del plano izquierdo puede ser debido a la organización celular del tejido. Hay en la zona temporo-parieto-occipital una región llamada por su descubridor Albert M. Galaburda "región T.P.T.", cuya arquitectura celular es distinta. Galaburda, ha encontrado que la extensión de la región T.P.T. es considerablemente mayor en el hemisferio izquierdo; en el primer cerebro que examinó era más de siete veces mayor en el lado izquierdo que en el derecho.

Más recientemente, el mismo Geschwind (1980), descubre una diferente arquitectura histológica en la corteza cerebral, siendo de mayor tamaño en el hemisferio izquierdo.

No se ha demostrado asimetría para las áreas corticales del lenguaje. Las áreas 39 y 40 de Brodmann (los giros angular y supramarginal) son fácilmente identificables en el lóbulo parietal inferior, pero parecen simétricas.

Hasta aquí todos los estudios e investigaciones realizados tienen la característica común de que se han realizado en personas que ya habían fallecido, a continuación expondremos las investigaciones que se han realizado en el campo de las asimetrías anatómicas, pero con el común denominador de realizarse en personas vivas.

2.2.2. Estudios In Vivo

Uno de los pioneros en los estudios de las asimetrías anatómicas en los seres vivos ha sido Majorie LeMay y sus colaboradores (1972), utilizando para ello dos tipos de técnicas o métodos:

1. Arteriografía cerebral.- que consiste en inyectar en la corriente sanguínea una sustancia opaca a los rayos X, y en observar como se distribuye por las arterias craneanas. LeMay inyectó en la arteria carótida interna una sustancia opaca a los rayos X, de manera que esta sustancia fluyese a la arteria cerebral media (rama a su vez de la carótida interna) recorriendo todo el surco de la cisura de Silvio; demostrando tras una radiografía de cráneo, que en la mayoría de los sujetos la arteria cerebral media tenía una inclinación más pronunciada y ascendía más en el lado derecho de la cabeza que la correspondiente del lado izquierdo, que era horizontal y más corta. Estos hallazgos concuerdan con los encontrados en los estudios post-mortem.

2. Tomografía Axial Computerizada (T.A.C.).- mediante la que a partir de un conjunto de radiografías se reconstruye una imagen de la sección transversal del cerebro (Cáceres, 1990). Con ésta técnica se ha demostrado que las personas que utilizan preferentemente la mano derecha poseen un lóbulo frontal derecho más grande que el izquierdo, pero los lóbulos parietal y temporal izquierdo son más grandes que los del hemisferio derecho. Justo lo contrario ocurre en algunos zurdos.

A la vista de estos resultados, podemos decir que el cerebro humano tiene una simetría en Diagonal:

- Diestros: anteroderecha y posteroizquierda.
- Zurdos: anteroizquierda y posteroderecha.

Y debido a que la mayoría de los humanos son diestros, podemos decir que la asimetría recae en favor del hemisferio izquierdo, ya que presenta una mayor organización.

Rojo (1984), teniendo en cuenta todos estos datos, habla de dos tipos de dominancia:

1. Tipo Izquierdo: Cuando hay un mayor desarrollo del hemisferio izquierdo en los diestros.

2. Tipo Derecho: Cuando hay un mayor desarrollo del hemisferio derecho en los zurdos.

LeMay y Geschwind (1975), han llegado a encontrar estas asimetrías del distinto crecimiento de los lóbulos cerebrales, tras el estudio de los moldes craneanos hechos a partir de los fósiles del hombre de Neanderthal y de otros homínidos.

2.3. ESTUDIOS GENETICOS

Los distintos estudios que se han realizado sobre la génesis de la lateralidad, han conducido a la formulación de distintos modelos genéticos.

Peele (1961), intentó explicarlo de la manera más sencilla, postulando que había un locus genético con dos formas diferentes de alelomorfos, que controlaba la lateralización cerebral y que estaba formado por:

- Un alelo dominante: determinante de la dominancia del hemisferio izquierdo, tanto en los homocigóticos como en los heterocigóticos.
- Un alelo recesivo: determinante de la dominancia del hemisferio derecho, pero sólo en los homocigóticos, mientras que en los heterocigóticos presenta una penetración parcial.

Basándose en este modelo genético, Rojo en 1984, explica la recuperación de las afasias, según que los sujetos adultos tengan una dominancia cerebral derecha o izquierda. Así, los sujetos con dominancia del hemisferio izquierdo y que recobran el habla son heterocigóticos zurdos; y por el contrario, si no recobran el habla, son generalmente homocigóticos.

Según este modelo, el porcentaje de alelos que determinan la dominancia cerebral izquierda, tal como sucede en los diestros, es del 90%, mientras que el 10% restante son recesivos que determinan la dominancia cerebral derecha, tal como sucede en los zurdos.

En resumen, se podría decir que son:

- Diestros el 90% de la población total.

- Zurdos el 10% restante.

El problema de este modelo es que no puede explicar como hay zurdos heterocigóticos cuyo hemisferio dominante no es el derecho, sino el izquierdo.

Este problema se intentó solucionar con las explicaciones que Levi y Nagylaki propusieron en 1972. Este modelo se basa en la existencia del haz piramidal directo, ya citado por Peele, según el cual en todas las personas en las que haya un predominio del haz piramidal directo, los impulsos motores producidos en los hemisferios cerebrales son vehiculados, a través de esta vía predominante, a sus mismos lados. Cuando esto ocurre (en un 6% de la población según Rojo, 1984), se puede comprender que aunque una persona tenga un predominio del hemisferio izquierdo, puede ser zurda; así como al contrario, ser diestro y tener un predominio del hemisferio derecho.

Lógicamente este predominio del haz piramidal directo o cruzado, es hereditario pero independiente de la lateralidad por ello Levi y Nagylaki propusieron otro modelo genético de asimetría cerebral llamado Modelo Genético Bimodal.

Este modelo intenta explicar las variaciones de la organización cerebral y de los usos de las manos en términos de mecanismos genéticos simples. Se basa en la existencia de dos locus, cada uno de ellos con dos alelomorfos.

Un Locus sería el ya explicado por Peele, que tendría dos alelomorfos L - r y determinaría el hemisferio que controlará el habla:

El alelomorfo **L** determinaría el control del habla para el hemisferio izquierdo (left) y es dominante.

El alelomorfo **r** determinaría el control del habla para el hemisferio derecho (right) y es recesivo.

El segundo Locus, sería el llamado C - c, que determinaría si el hemisferio del habla controla la mano del mismo lado (ipsilateral) o la del lado contrario (contralateral). El control contralateral es determinado por el alelomorfo C, que es dominante y en el que predomina la masa piramidal cruzada, mientras que el control ipsilateral es determinado por el alelomorfo c, que es recesivo y en el que predomina la masa piramidal directa.

La combinación de estos locus va a dar lugar a nueve genotipos:

- Diestros con Dominancia del Hemisferio Izquierdo: **CCLL, CCLr, CcLL, CcLr.**
- Diestros con Dominancia del Hemisferio Derecho: **ccrr.**
- Zurdos con Dominancia del Hemisferio Izquierdo: **ccLL, ccLr.**
- Zurdos con Dominancia del Hemisferio Derecho: **CCrr, Ccrr.**

Según este modelo podemos comprobar que los diestros tienen cuatro probabilidades de que su hemisferio izquierdo sea el dominante frente a una de que lo sea su hemisferio derecho, mientras que los zurdos tienen una probabilidad del 50% de que su hemisferio dominante sea el derecho o el izquierdo.

Otro modelo genético sobre el uso manual es el propuesto por Annett (1964). Está basado en la hipótesis de que la mayoría de los individuos poseen un gen al que

le llama factor de "cambio derecho". Cuando este factor está presente, el individuo es diestro, pero cuando este factor está ausente, el individuo puede ser diestro o zurdo, según las distintas posibilidades.

Para corroborar su modelo, Annett, realizó unos estudios sobre la velocidad con que un hijo de padres diestros podía realizar una tarea de selección de clavijas. El resultado fue que, aproximadamente, la mitad lo hizo mejor con la mano izquierda y la otra mitad mejor con la derecha, corroborando su predicción de que la preferencia manual en éste grupo sería determinada por el azar. Por otro lado al estudiar la descendencia de padres zurdos que habían sufrido algún traumatismo en el nacimiento, vio que la mayor parte de sus hijos eran diestros. Esto fue interpretado como que los padres no eran zurdos naturales; posiblemente poseían el factor de "cambio derecho", pero debido a las lesiones tempranas se convirtieron en zurdos. Sin embargo este factor de "cambio derecho" pudo ser transmitido a sus hijos, dando lugar a una alta incidencia de diestros en la descendencia.

Las predicciones de este modelo de Annett aún no han sido comprobadas.

Resumiendo lo expuesto hasta ahora, podemos hablar claramente de la existencia de dos hemisferios cerebrales, uno dominante, que suele ser el izquierdo y otro no dominante, que suele ser el derecho; presentando cada hemisferio una asimetría funcional y anatómica. Todo ello viene determinado por la codificación genética.

Pero convendría hacernos una pregunta, ¿la preferencia de la manualidad (utilización de la mano derecha o izquierda), está realmente codificada por un genoma, o bien, es fruto del aprendizaje tal y como creían Baver y Wepman (1955) y Collins (1970)?.

La respuesta a esta pregunta se puede abordar desde diversas perspectivas:

Primero : Los trabajos realizados en fetos humanos y prematuros antes de la posible influencia del medio ambiente, como los llevados a cabo por:

- Levi (1976): Demuestra la existencia de un reflejo tónico de cuello en los prematuros, sin estar causado por una asimetría uterina.

- Wada y Davies (1977): Pone en evidencia la asimetría anatómica del lóbulo temporal en el feto humano.

Segundo : La abundante evidencia empírica en contra de la hipótesis de que el uso preferente de una mano determina la dominancia cerebral (Conrad 1949; Bingley 1958; Russel y Espir 1961), si bien la correlación hemisferio dominante preferencia manual es muy elevada.

Tercero : Las correlaciones altamente significativas entre padres e hijos en cuanto a preferencia manual. (Rojo 1984).

Cuarto : La curva de la especialización de la lateralidad manual habla más en favor de la hipótesis genética que de la del aprendizaje; tal como ha sido expuesto por Levi (1976).

Por consiguiente, los datos existentes parecen apoyar que la lateralidad viene codificada genéticamente, si bien es evidente la influencia del aprendizaje en la expresión de esta manifestación.

2.4. ESTUDIOS METABOLICOS Y BIOQUIMICOS

Uno de los métodos que permitió el estudio del metabolismo cerebral fue el utilizado por Plum, Gjedde y Samson (1976), quienes utilizaron glucosa marcada radiactivamente (la 2-dioxy-d glucosa), nutriente del cerebro, determinando posteriormente la tasa de su utilización en las distintas regiones cerebrales. La radiación emitida por la glucosa marcada, era medida desde varios ángulos de la cabeza y analizada por computador, obteniendo su distribución en el cerebro. De esta forma se demostró que la tasa metabólica dentro de pequeñas regiones del cerebro, varía durante la actividad conductual específica.

El problema de esta técnica es que originariamente era necesario sacrificar al animal de experimentación y diseccionar el tejido cerebral, por ello se han desarrollado nuevas técnicas que permiten medir la distribución de indicadores metabólicos especiales en cerebros vivos y en funcionamiento. Esta técnica se denomina Tomografía de Emisión de Positrones (T.E.P.). Consiste en la existencia de detectores de rotación especiales que recogen la radiación emitida por los indicadores metabólicos, administrados por vía intravenosa, en la cabeza, y mediante programas de ordenador se calcula su distribución. La reconstrucción computarizada resultante, forma una imagen de la tasa metabólica en cualquier sección del cerebro.

Los indicadores más frecuentemente usados en esta técnica son los denominados isótopos de emisión de positrones, que emiten unas partículas denominadas positrones. Los positrones instantáneamente se dividen en dos fotones que se trasladan en direcciones opuestas. La emisión simultánea de fotones permite a un anillo de detectores situado externamente localizar fácilmente de donde provienen y cómo se han distribuido los indicadores en el cerebro. Con esta técnica Mazziotta y Phelps (1983) demostraron la existencia de diferencias hemisféricas en el trascurso de la ejecución de tareas verbales, frente a tareas visoespaciales.

De entre los estudios Bioquímicos, es de destacar el trabajo de Dark (1984), que junto a sus colaboradores determinaron la tasa de catecolaminas a nivel cerebral, y lo relacionaron con las diferencias del sexo y con la asimetría.

Las catecolaminas estudiadas fueron la norepinefrina y dopamina en los núcleos caudados y putamen derecho e izquierdo en relación con el sexo (machos - hembras). Los resultados fueron que los machos no lateralizaron contralateralmente la dopamina frente a los cambios de preferencia, mientras que si lo hacían las hembras de manera significativa. Algo parecido ocurría con la norepinefrina, los machos no la lateralizaron a nivel del núcleo caudado y putamen del lado izquierdo y derecho mientras que las hembras la lateralizaron significativamente en el núcleo caudado - putamen izquierdo.

Dark, concluye que estos trabajos pueden reflejar la diferencia de base de la organización del sistema extrapiramidal.

2.5. ESTUDIOS DEL FLUJO SANGUINEO CEREBRAL

Señalaremos entre los estudios llevados a cabo en este área los realizados por Lassen e Ingvar (1972), partiendo de los cambios que ocurren en el flujo sanguíneo cerebral cuando se produce una activación celular.

La técnica utilizada por Lassen e Ingvar, que en la actualidad es de las más usadas por los especialistas en circulación cerebral, es la de depuración isotópica de Xenon 133. El Xenon 133, es un gas radiactivo difusible, no metabolizable y de baja energía que se inyecta por vía intracarotídea interna, llegando de esta manera al cerebro. La radiactividad gama que emite es captada por una serie de detectores (entre 8 y 256) colocados en la superficie de la cabeza, dando información específica del hemisferio correspondiente.

Esta información es transmitida a un ordenador que registra el decremento exponencial de la actividad isotópica durante 10 o 15 minutos. La información proporcionada por esta técnica puede, según Meyer (1985), ser tratada de dos formas diferentes:

a) No Compartimental; que proporciona una cifra media del flujo sanguíneo cerebral, para la región vista por el captador.

b) Bicompartimental; que permite la extracción de dos funciones exponenciales. Una de ellas corresponde al flujo rápido de la sustancia gris y la otra al flujo lento de la sustancia blanca.

En la actualidad, esta técnica se está reemplazando por un método menos traumático, como es el de la introducción del Xenon 133 por vía aérea o intravenosa.

Los resultados obtenidos por esta técnica fueron sorprendentes, ya que se vio que el flujo sanguíneo aumentaba en un área determinada, cuando esta área se estaba utilizando. Por ejemplo: si el sujeto está viendo un objeto, entonces aumenta el flujo sanguíneo en las regiones hemisféricas relacionadas con la visión; o cuando el sujeto escucha una conversación el flujo sanguíneo aumenta en las áreas auditivas de cada lado.

Posteriormente, Risberg y cols. (1975), empezaron a utilizar técnicas con las que estudiaron el flujo sanguíneo regional, en ambos hemisferios a la vez. Utilizaron un grupo de voluntarios diestros, a los que se les comparó las pautas de flujo sanguíneo durante la realización de las tareas:

- Analogías verbales.

- Cierre perceptual: Los sujetos ven figuras mal dibujadas, que no representan lo que en realidad son.

Las diferencias encontradas, fueron pequeñas pero muy significativas (aproximadamente el 3% en las dos condiciones). Como se esperaba, el flujo sanguíneo medio era mayor en el hemisferio izquierdo cuando se realizó la tarea de cierre perceptual. Las regiones en las que se encontraron mayores diferencias a la hora de realizar las tareas verbales fueron: la frontal, fronto-temporal y parietal.

A la vista de estos resultados, llama la atención la similitud en los patrones del flujo sanguíneo de ambos lados durante la realización de una tarea tan lateralizada como el habla; sugiriendo a Springer y Deutsch (1988), que las diferencias hemisféricas son sólo uno de los muchos esquemas de organización cerebral.

Las limitaciones que presenta en la actualidad la técnica de medición del flujo sanguíneo cerebral son, por un lado, el no darnos una información segura respecto a las regiones más profundas del cerebro, y por otro, que no parece que el flujo

sanguíneo sea lo suficientemente responsable de las variaciones tan rápidas de la actividad cerebral.

Debido a estas razones, se están desarrollando técnicas más específicas para medir directamente la actividad metabólica a nivel cerebral.

2.6. ESTUDIOS DE LA ACTIVIDAD ELECTRICA CEREBRAL

En este punto vamos a tratar los dos sistemas de registro utilizados para determinar la actividad eléctrica cerebral, como son:

- Electroencefalografía.
- Potenciales evocados.

2.6.1. Estudios Electroencefalográficos (E.E.G.)

El primero en descubrir que los patrones de actividad eléctrica del cerebro podrían ser registrados a través de una serie de electrodos colocados en distintos puntos del cráneo fue Hans Berger en 1929. A estos patrones, se les denominó Electroencefalogramas (E.E.G.).

En una exploración electroencefalográfica, son captadas las oscilaciones de potencial que aparecen en la superficie cerebral por un gran número de electrodos y simultáneamente, transmitidas a un intensificador con entrada poliohmnica y registrado después por canales registradores (Simon, 1983).

Este tipo de exploraciones se extendió rápidamente, utilizándose en la clínica para el estudio y diagnóstico de alteraciones cerebrales, tales como la epilepsia y los tumores.

Pronto empezó a utilizarse con fines de investigación, aprovechando estas oscilaciones de potencia , intentando establecer correlaciones entre el E.E.G. e inteligencia, personalidad y comportamiento.

La información que se obtuvo de una serie de investigaciones fue la de que cuando los electrodos eran colocados en distintas localizaciones, el E.E.G. presentaba asimetrías. Estas asimetrías parecían estar relacionadas con la preferencia manual de una manera compleja. Galin y Ornstein (1972), retomaron estas investigaciones y fueron los primeros en estudiar las asimetrías de manera más minuciosa, relacionandolas con las características de la tarea realizada por el sujeto, mientras se registraba el E.E.G.

Lo que hicieron fue registrar las oscilaciones del potencial cerebral, con electrodos situados de manera asimétrica a ambos lados de la cabeza, mientras los sujetos realizaban tareas verbales (escribir una carta) y espaciales (construir un patrón geométrico memorizado con bloques multicolores). Los resultados obtenidos se analizaron, de manera que relacionaban la potencia electroencefalográfica del hemisferio derecho (D), frente a la potencia electroencefalográfica del hemisferio izquierdo (I). Esta potencia electroencefalográfica es definida por la cantidad de energía eléctrica producida por unidad de tiempo. La relación de potencia D/I que se encontró era significativamente mayor en las tareas verbales, que en las espaciales.

De esta investigación, sin embargo, se pueden sacar dos tipos de conclusiones. Si bien, por un lado, Galin y Ornstein tuvieron éxito al demostrar la relación existente entre la actividad E.E.G. de los hemisferios cerebrales y el tipo de tarea realizada por el sujeto; por otro contradicen lo que se sabía hasta entonces, ya que la escritura de cartas es una tarea del hemisferio izquierdo, y como consecuencia, el cociente D/I tendría que ser significativamente menor, no mayor como ocurre en este caso.

Este problema se resolvió al estudiar más detalladamente la composición de la actividad del E.E.G., que está constituido por cuatro bandas o ritmos:

1. Banda Delta. Esta onda es normal en los lactantes y, en parte, también entre los niños y adolescentes. La actividad delta en los recién nacidos es de 0,5 - 2 Hz, de distribución difusa y de baja amplitud. Al tercer mes de vida las ondas delta alcanzan una amplitud de 50 - 100 u v., con una frecuencia de 3 - 4 Hz, de predominio en las áreas parieto-occipitales. Estas ondas se bloquean al abrir los ojos (Dummermuth, 1965; Dreyfus y Curzi, 1975).

2. Banda Theta. Presenta una frecuencia que va de los 4 a los 8 Hz. En el E.E.G. infantil constituye un componente normal. Su amplitud es variable, dependiendo de la edad, y aparece en las regiones occipitales de la cabeza. El papel de esta banda en relación con el estado de conciencia de los individuos está siendo discutido en la actualidad (Matsuoka, 1990). Se bloquea al abrir los ojos (Delamónica, 1984).

3. Banda Alfa. Con una frecuencia de 8 a 13 Hz, aparece en vigilia relajada con los ojos cerrados sobre las regiones posteriores de la cabeza, normalmente hay mayor amplitud sobre la región occipital. Este ritmo se estabiliza alrededor de los 10 años de edad, y tiene una amplitud variable, generalmente inferior a 50 V. Con los ojos cerrados y en estado de relajación o de actividad mental escasa, es cuando la actividad alfa se expresa mejor. Hoy en día se acepta que el valor medio de la frecuencia alfa en el niño es de 9,3 más menos 0,8 Hz y en los adultos de 10 más menos 0,9 Hz (Petersen y ECG-Olofsson, 1970, 1971).

A simple vista, parece que la frecuencia de la actividad alfa es sincrónica en ambos hemisferios. Sin embargo, tras el análisis por computadora, Hoovey y cols. (1972) demostraron que existe una diferencia interhemisférica de alrededor de más menos 2,5 mseg.

Al abrir los ojos durante la vigilia se produce un bloqueo total de esta banda.

La actividad de banda alfa ha sido una de las más estudiadas en su correlación con diferentes funciones cognitivas (Myklebust, 1967; Doyle y cols., 1974; Gallin y Ellis, 1975; Ruoff y cols., 1981; John y cols., 1983; Ortiz y cols., 1991), ya que parece ser que no manifiesta un comportamiento uniforme sino más bien depende de las diferentes tareas cognitivas e incluso parece mostrar una actividad diferente de los hemisferios derecho e izquierdo (Scheich y Simon, 1971; Pollen y Trachtenberg, 1972; Furst, 1976). Ray y Cole (1985), relacionan esta banda con procesos atencionales.

4. Banda Beta. Es la que se encuentra con mayor frecuencia en el E.E.G. en vigilia. Su frecuencia, es de más de 13 Hz y aparecen en las regiones frontocentrales de la cabeza (Simon, Mertin y Schmiedek, 1973). Su amplitud no suele ser superior a los 20 microv. Se bloquea mediante movimientos contralaterales o estímulos táctiles. La actividad beta ha sido relacionada con procesos emocionales y cognitivos (Ray y Cole, 1985).

Volviendo al problema que nos ocupa, la forma de resolverlo consistió en volver a analizar los resultados de Galin y Ornstein. Se vio que el ritmo predominante en los registros era el alfa y éste, como ya se ha dicho anteriormente, es un ritmo que se registra preferentemente en estado de reposo o de relajación. Cuando se realiza una tarea espacial el hemisferio izquierdo presenta una actividad alfa menor que cuando se realiza una tarea verbal. Esto explica, entonces, el porqué la relación de poder D/I encontrada era significativamente mayor en las tareas verbales que en las espaciales.

Este tipo de medidas se ha hecho muy popular en el estudio de la actividad cerebral mientras el sujeto realiza distintas tareas. El problema que presenta, es la dificultad de observar los cambios del E.E.G., que se producen tras la aparición de estímulos casuales específicos (Springer y Deutsch, 1988).

2.6.2. Potenciales Evocados

Tras la discusión surgida sobre la utilidad de los potenciales evocados para el estudio de la actividad cognitiva (Wickens, 1979; Donchin, 1979, 1981; Donchin, Karis y cols., 1986), en la actualidad, se han incorporado al conjunto de instrumentos de uso psicológico con este fin (Donchin, Kramer y Wickens, 1986). Los potenciales evocados se han aplicado muy recientemente al estudio de las asimetrías, al observarse una serie de cambios de la actividad cerebral tras la presentación de estímulos específicos.

Podemos definir los potenciales evocados como cambios específicos en la actividad eléctrica del SNC, producidos como consecuencia de distintos estímulos sensitivos (estímulos físicos, psíquicos o la conjunción de ambos). Los potenciales evocados sensoriales tienen una relación temporal fija con el estímulo y son específicos del sistema que los evoca. Normalmente desaparecen en el E.E.G. de fondo y son necesarias técnicas especiales, los programas de promediación computerizada, para hacerlos visibles.

Los potenciales evocados se han mostrado como una técnica de gran utilidad para el estudio de la especialización funcional hemisférica, la patología cerebral, los procesos cognitivos, etc., siendo cada vez mayor el número de campos abordable desde esta metodología.

No nos centraremos aquí más en ello, ya que más adelante dedicamos un capítulo a los potenciales evocados en el que veremos con detalle las características de esta técnica y los estudios realizados con ella. (Ver capítulo 3).

2.7. ESTUDIOS CON RESONANCIA MAGNETICA NUCLEAR (R.M.N.)

Es una nueva técnica de diagnóstico por imagen, mediante la cual podemos visualizar el cerebro. Esta técnica apareció en 1946 cuando Felix Bloch, trabajando en la Universidad de Stanford, y Eduard Purcell, de la Universidad de Harvard, demostraron que mediante campos magnéticos intensos, ciertos núcleos pueden absorber energía de la radiofrecuencia y generar a su vez una señal de radiofrecuencia que puede ser captada por una antena receptora. La frecuencia a la cual absorbían energía se denominó frecuencia de resonancia y al experimento, fenómeno de resonancia magnética nuclear (Le Bihan, 1985). Hasta 1983, la resonancia magnética nuclear no fue autorizada para uso clínico y desde entonces ha demostrado su primacia en determinadas patologías, especialmente en el campo neurológico (Gili, 1988).

Desde la autorización para uso clínico, la resonancia magnética se ha desarrollado con el objetivo prioritario de la formación de imágenes del cerebro, y para ello se ha logrado caracterizar los diferentes tejidos que lo forman. La posibilidad de obtener secciones anatómicas en los tres planos y la ausencia de artefactos han permitido obtener una perfecta individualización de los diferentes tejidos, la ubicación de las lesiones e incluso, con el uso de secuencias adecuadas, determinar pequeñas cambios histoquímicos dentro de un mismo tejido (Salvador y cols., 1992).

Con esta técnica se pueden obtener imágenes de finas secciones de la estructura cerebral sin usar radiaciones penetrantes, mediante el uso de resonancias magnéticas nucleares. Para ello utiliza una combinación de radio ondas y un fuerte campo magnético (generado por un electroimán) para detectar la distribución de moléculas de agua en el tejido vivo; los átomos de hidrógeno en el agua resuenan por los efectos combinados de las radio ondas y el campo magnético.

Gracias a esta técnica es posible calcular con precisión las densidades del tejido cerebral y, mediante el ordenador, se puede generar una imagen precisa (Oldendorf, 1983), abriéndose un nuevo enfoque en el estudio de la asimetría funcional hemisférica.

POTENCIALES

EVOCADOS

3. POTENCIALES EVOCADOS

El estudio de los potenciales evocados cerebrales que por mucho tiempo se realizaba únicamente en los laboratorios de investigación, forma parte en la actualidad de las exploraciones funcionales clínicas (Owen y Davis, 1985). Con estos estudios nos es posible explorar grandes vías nerviosas de la médula, del tronco cerebral y del encéfalo.

La estimulación sensitiva o sensorial da origen, a nivel de la corteza, a un potencial evocado cerebral (PE) o potencial evento-relacionado (PER), susceptible de ser registrado frente al área primaria específica correspondiente. Por ello es posible registrar potenciales evocados visuales (PEV) en lóbulos occipitales, auditivos (PEA) en lóbulos temporales y somestésicos (PES) en lóbulos parietales.

Podríamos definirlos como cambios en la actividad eléctrica del SNC, producidos como consecuencia de distintos estímulos sensitivos: estímulos físicos, psíquicos o la conjunción de ambos (Delamónica, 1984; Ortiz, 1986; Donchin, Kramer y Wickens, 1986; Duffy, 1989; Cardinali, 1992).

El registro de los potenciales evocados cerebrales es difícil por dos razones; se trata por una parte de señales de intensidad débil (0.2 a 10 microvoltios) y por otra parte ahogadas en una actividad de fondo electroencefalográfica (Donchin, Kramer y Wickens, 1986; Serra y Serra, 1990). Los potenciales evocados cerebrales deben pues, ser amplificados y extraídos del ruido de fondo. Para ello se realiza una serie de estimulaciones repetitivas (de 60 a 1.000). La señal recogida mediante un electrodo cutáneo fijado en el cuero cabelludo se suma a las anteriores por medio de una computadora numérica y la actividad eléctrica correspondiente a la frecuencia del electroencefalograma no es tratada por el promediador digital, con lo cual se elimina el ruido de fondo. El potencial extraído es esquemáticamente bifásico, en realidad constituido por varias ondas (positivas y negativas a partir de una línea base). Cada potencial se puede analizar en relación a dos parámetros:

- Amplitud.
- Latencia.

3.1. CLASIFICACION

La clasificación la podemos realizar en función de:

* El estímulo inductor.
* La latencia.

* *El Estímulo Inductor*

Los estímulos inductores de modificaciones en la actividad cerebral, pueden ser de tres tipos:

a) Somato-Sensoriales (Somestésicos).
b) Visuales.
c) Auditivos.

a) Somato-Sensoriales (Somestésicos)

Los potenciales evocados cerebrales somestésicos se obtienen por estimulaciones repetitivas (100 microsegundos de 2 a 60 mA), indoloras, por medio de un electrodo cutáneo situado en un trayecto nervioso (Goto y cols., 1991). Desde que Dawson (1947, 1954) demostró que la estimulación eléctrica de un nervio periférico producía potenciales evocados en el área rolándica contralateral al miembro estimulado, se han realizado numerosos trabajos en relación al origen de los componentes evocados y a sus métodos de obtención.

Los potenciales evocados somestésicos pueden ser registrados en varias partes de la vía nerviosa. Las más frecuentemente utilizadas para registrarlos son: el plexo braquial, la médula espinal y la corteza cerebral (Delamónica, 1984; Emmert y Flügel, 1989).

En el adulto normal, la latencia de la respuesta obtenida se sitúa entre 10 y 30 milisegundos en los miembros superiores y entre 30 y 50 milisegundos en los miembros inferiores.

b) Visuales (PEV)

Se obtienen con una estimulación luminosa blanca o coloreada (rojo - azul) suministrada por un tubo de destellos, antes y después de la adaptación a la oscuridad (Delamónica, 1984). Las fuentes de luz pueden ser diversas y de entre ellas podemos destacar la luz difusa del estroboscopio (Riggs, 1977) y el damero blanco y negro reversible, que ha sustituido al método del estroboscopio y es el que más se utiliza en la actualidad (Halliday, 1978); aunque algunos investigadores utilizan el método pattern - light de Spehlmann (1965) que consiste en un cuadrilátero blanco y negro iluminado intermitentemente por una luz del estroboscopio y los flashes luminosos (Hammond y cols., 1989).

El examen acoplado al electrorretinograma (ERG) sirve para explorar el polo retiniano y las vías retinocorticales. Se apreciará la latencia (tiempo de culminación), las modificaciones de amplitud, de forma y el asincronismo de forma.

c) Auditivos (PEA)

Se obtienen por estimulación monoaural o biaural (Lopez - Moya, 1992), consiste tanto en "cliks" filtrados como en palabras o en cifras (test dicótico).

Investigadores como Picton y cols. (1974a, 1974b, 1977) establecieron tres tipos de potenciales evocados auditivos: transitorios (provocados por sonidos de muy breve duración), sostenidos (evocados por un estímulo auditivo continuo) y perceptuales (son ondas evocadas, relacionadas con el significado o sentido del estímulo más que con sus características físicas).

* *La Latencia*

Según sea esta latencia podemos hablar de potenciales evocados de:

a) Latencia corta.

b) Latencia media.

c) Latencia tardía.

a) Potenciales de Latencia Corta o Tempranos.

Son respuestas evocadas entre 1 y 10 milisegundos a partir de la estimulación sensorial y dan lugar, en el caso de potenciales evocados auditivos, a ondas positivas identificadas con números romanos desde la Onda I a la VII (Ortiz, 1986). Se producen sobre todo en el caso de los potenciales auditivos, que son los mejor estudiados hasta el momento (ver figura 2). Su interés radica en la información que aportan sobre la integridad anatómica y funcional de los sistemas sensoriales aferentes, siendo de gran utilidad en el diagnóstico clínico, ya que pequeñas variaciones en su morfología pueden ser signos fiables de disfunción neurológica o sensorial (Brandeis y Lehmann, 1986). Estos potenciales van a depender poco o relativamente poco de las funciones neuropsicológicas (Birbaumer y cols., 1990).

Numerosos autores denominan a estos potenciales "Potenciales Evocados Exógenos " (Sutton y cols., 1965; Jewett y cols., 1970; Donchin, Ritter y McCallum, 1978), queriendo señalar con ello, que sus componentes están íntimamente relacionados con las características del estímulo, se obtienen en zonas muy localizadas de la corteza cerebral y muestran una serie de parámetros (latencia y amplitud) muy constantes, tanto para el mismo sujeto en distintas ocasiones como para diferentes sujetos (Sellán, 1991).

Los potenciales evocados exógenos pueden ser elicitados mediante distintas modalidades sensoriales: somatosensorial (estímulos eléctricos en los nervios periféricos), visual (patrón de inversión visual) y auditivo (con estímulos de click); obteniéndose un registro específico en cada modalidad.

b) Potenciales de Latencia Media.

Los períodos de latencia de estos potenciales son variables, dependiendo del tipo de estímulo utilizado para provocarlo, pero se admite generalmente que tienen una latencia entre 10 y 100 milisegundos (Delamonica, 1984; Ortiz, 1986). Se registran sobre amplias áreas del cuero cabelludo y según Picton y Hillyard (1974b) representan actividad talámica y potenciales evocados corticales tempranos (corteza primaria). Ver figura 2.

Estos potenciales se designan por una letra inicial, correspondiente a la polaridad (P o N), y luego por un número, correspondiente a la latencia media (Ej.: P10, N20, P30, etc.). En el caso de los potenciales auditivos se designan No, Po, Na, Pa, Nb, Pb, etc. (Delamonica, 1984; Mecacci, 1991). Proporcionan una síntesis de la información de las características físicas y biológicas de la estimulación.

En esta síntesis intervienen mecanismos de propagación retrógrados de la excitación relacionados con los centros motivacionales del cortex.

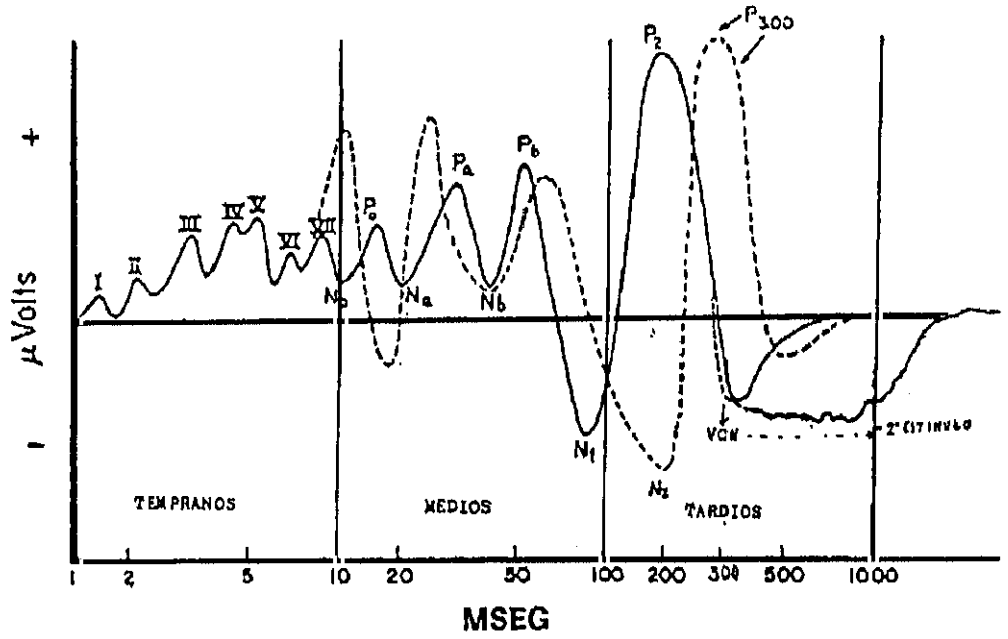
Al igual que los potenciales evocados de latencia corta, los de latencia media son potenciales exógenos; habiéndose estudiado los componentes N20 y P30 somatosensoriales, en relación con variables psicológicas tales como la atención o distracción, dando como resultado la no variación de los potenciales con la variación de las variables psicológicas.

c) Potenciales Tardíos o de Latencia Larga.

Son aquellos que presentan una latencia de 100 milisegundos en adelante. Se designan por una letra inicial, correspondiente a la polaridad (P o N) y luego por el número que corresponde a la latencia media. Se han estudiado y valorado algunas de las ondas tanto positivas como negativas en relación con los procesos neuropsicológicos, siendo las más importantes la N100, P100, N200, P300, N400, etc.

(Ortiz, 1986; Birbaumer y cols., 1991). Los potenciales evocados auditivos, sin embargo, también se suelen designar como: P1, N1, P2 y N2 (Delamonica, 1984), y se hallan ampliamente distribuidos en la región fronto-central del cuero cabelludo (ver figura 2).

Figura 2: Esquema de los potenciales auditivos humanos (Picton y cols., 1977, modificado)



Estos potenciales son de mayor latencia, amplitud y duración que los anteriores. De esta manera se necesita promediar menor número de estimulaciones y un mayor tiempo de análisis. Son muy variables de un sujeto a otro, o en un mismo sujeto estudiado en distintos momentos.

A los potenciales evocados tardíos, también se les ha denominado "Potenciales Evocados Endógenos" (Duncan-Johnson y Donchin, 1977) que son independientes de las características físicas del estímulo sensorial, dependiendo más del contexto en el que

es aplicado dicho estímulo y en general del estado psicológico y capacidades cognitivas del sujeto. Estos potenciales van a estar muy relacionados con el procesamiento de la información, procesos cognitivos y en general con la conducta del hombre, de tal manera que la amplitud, latencia y distribución varían sustancialmente de acuerdo a como el sujeto procesa la información estimular (Donchin, Ritter y McCallum, 1978).

Por lo que se refiere a las áreas de localización cortical, hemos de decir que varían en función del estímulo utilizado, de tal manera que serían las regiones temporo-parietales las más idóneas para la valoración y registro de potenciales evocados somatosensoriales y auditivos; y las regiones occipitales para los potenciales evocados visuales (Goff, 1974; Knight y cols., 1980; Wood y Wolpaw, 1982).

Para Sanz (1985) estos potenciales están correlacionados con la toma de una decisión perceptiva; y para Garoll y Knaps (1981) se correlacionan con la información proporcionada por el estímulo, su falta de certeza y procesos atencionales y cognitivos.

3.2. COMPONENTE P300

Dentro de los potenciales tardíos, merece una especial atención el componente P300 (Pritchard, 1981; Ortiz, 1986; Lammers y Badía, 1989; Mecacci, 1991), ya qué quizá, es el mejor estudiado al ser uno de los componentes que más interés ha despertado entre los investigadores. El P300 debe su nombre a su polaridad positiva (P) y a su latencia aproximada de 300 milisegundos, a partir de la presentación del estímulo; que se relaciona con estímulos dotados de significación o que requieren una decisión perceptiva.

El P300, ya conocido en la década de los sesenta (Sutton y cols., 1965), es elicitado como respuesta a acontecimientos esperados o inesperados, en tareas discriminativas con estimulación auditiva, visual o somatosensorial en las que el estímulo diana es inesperado por el sujeto ya que su probabilidad de aparición es

significativamente inferior a la de los otros estímulos que se presentan. La amplitud de este componente covaría inversamente con la probabilidad de aparición del estímulo relevante, mientras que la latencia aumenta con la dificultad de la tarea y su distribución es centro-parietal (Pritchard, 1981; Donchin, Karis y cols., 1986; Sellán, 1991).

Kutas y cols. (1977) y Sommer y Matt (1990) piensan que el P300 es el resultado de los procesos cognitivos responsables de la evaluación e identificación de los estímulos.

El P300 parece ser independiente de la selección de respuestas; por eso su latencia puede o no correlacionar con el tiempo de reacción, dependiendo del contexto experimental (Walter, 1981).

Distintas investigaciones han intentado determinar si el P300 está ligado a la probabilidad objetiva del estímulo (número de veces que se presenta efectivamente un estímulo) o a la probabilidad subjetiva (cómo el sujeto representa y valora la probabilidad objetiva). La valoración del sujeto ocupa un papel importante en la producción del P300, tal y como puede deducirse del experimento realizado por Squires y cols. (1976). Utilizaron dos tonos, uno alto y otro bajo que se presentaban en una secuencia causal pero con la misma probabilidad de aparición. El sujeto debía contar el número de veces en que aparecía uno de los dos tonos. Este tono diana podía estar precedido por el mismo estímulo diana o por el tono no diana dentro de la secuencia causal. El P300 generado por el tono diana tenía una mayor amplitud cuando este estímulo estaba precedido por el estímulo no diana y aumentaba en amplitud en función del aumento del número de estímulos no diana que precedían al estímulo diana.

La diferencia entre el estímulo diana y no diana no se valora por el sujeto tan solo en base a las características físicas (en el experimento anterior, los estímulos auditivos variaban en frecuencia). En el experimento de Kutas, McCarthy y Donchin (1977), el estímulo diana estaba constituido por un nombre masculino (o, en otra

prueba, por un nombre femenino), con respecto al estímulo no diana que estaba constituido por un nombre femenino (o, en otra prueba, masculino). La distinción era realizada por el sujeto en base a las propiedades semánticas del estímulo después de que realizase un análisis de las características físicas. El P300 aparecía con una amplitud mayor en los nombres diana, por lo tanto, en los estímulos categorizados en base a propiedades semánticas.

Este resultado junto a otros similares obtenidos en varios experimentos que utilizan el procedimiento de estímulo "excéntrico" (Donchin, Karis y cols., 1986), apoyan la hipótesis de que el P300 representa un estadio en el que el estímulo diana está o viene categorizado e identificado. Sin embargo no refleja un estadio de selección de la respuesta, pero si refleja la conclusión del proceso de categorización de la información relevante para la tarea (Desmedt, 1980, ha definido el P300 como el índice del cierre gestaltico del proceso cognitivo). Cuanto más dura el proceso de análisis del estímulo más aumenta la latencia del P300. Como ejemplo para la discriminación para los tonos el P300 puede poseer una latencia de 300 milisegundos, mientras que para tareas más complejas, como pueden ser los procesos de categorización semántica, la latencia puede llegar a los 750 milisegundos (McCarthy y Donchin, 1981; Hillyard y Kutas, 1983; Donchin, Karis y cols, 1986; Donchin y Coles, 1988).

Se han relacionado distintas variables con el P300, de las cuales muchas están correlacionadas con el P300 más por su naturaleza que por la teoría. En los experimentos, se manipula la variable directamente observable y se miden los cambios de amplitud o latencias del P300 (Dalbokova y cols., 1990).

Otra manipulación que se realiza en la investigación del P300, es la clasificación de los estímulos en dos tipos de señales:

- esperadas, (que requieren el procesamiento por parte del sujeto).
- inesperadas, (que no requieren un procesamiento especial por parte del sujeto).

Generalmente la tarea que debe llevar a cabo el sujeto, consiste en apretar un botón después de la presentación de la señal, o bien, en contar mentalmente las señales. Para estímulos equiprobables, la amplitud del P300 es un poco más alta cuando los estímulos sirven como señales, que cuando no sirven como señales (Smith, y cols., 1970; Duncan-Johnson y Donchin, 1977).

Un tercer procedimiento experimental utilizado en el estudio del P300, es el denominado "relevancia en la tarea". En este caso tanto los estímulos de señales como los de no señales, siempre que se consideran relevantes para la realización de una tarea discriminativa por parte del sujeto, provocarán variaciones en el P300. Su amplitud estará en función inversa a la probabilidad del estímulo.

Estos mismos estímulos no provocarán variaciones en el P300 si no son relevantes para la tarea del sujeto. (Donchin y Cohen, 1976; Duncan-Johnson y Donchin, 1977; Desmedt y Debecker, 1979).

En un estudio muy reciente (Geisler y Polich, 1992) se ha intentado determinar si varía el componente P300 en relación a diferencias individuales, tales como: mañana/noche, actividad preferente, comida, hora del dia y estado de alerta. Para determinar cómo las diferencias individuales afectan al P300 utilizaron una tarea de discriminación auditiva. La amplitud del componente P300 para los sujetos con actividad preferente por las mañanas, que habían comido recientemente, era mayor tanto en las mediciones realizadas por la mañana como por la noche. La amplitud del componente P300 para los sujetos con actividad preferente por las mañanas, que no habían comido recientemente, era mayor en las mediciones realizadas por la mañana y relativamente pequeña en las realizadas por la noche.

Para los sujetos con actividad preferente por la noche, que habían comido recientemente, la amplitud del componente P300 era ,de nuevo, mayor tanto en las mediciones realizadas por la mañana como por la noche. Sin embargo estos mismos sujetos pero sin haber comido recientemente, producían una amplitud del componente

P300 muy pequeña en las mediciones realizadas por la mañana cuando se comparan con las realizadas por la noche.

La latencia del P300 tendía a ser más prolongada en todos los sujetos que no habían comido recientemente cuando se comparó con la de aquellos que lo habían hecho. Los resultados sugieren que el componente P300 es sensible a las variaciones fisiológicas y psicológicas provenientes de las diferencias individuales relativas al estado corporal, el cual quizá se opone a las diferencias individuales en cuanto al estado de alerta.

3.3. ESTUDIOS DE LA ESPECIALIZACION HEMISFERICA MEDIANTE POTENCIALES EVOCADOS

La aplicación de los potenciales evocados al campo de la especializacion hemisférica está aportando una serie de conocimientos para la mejor comprensión de la misma, aunque aún no se conoce el papel funcional de esta especialización hemisférica a nivel comportamental.

Los parámetros físicos de la información, como la iluminación, la frecuencia espacial, el contraste, la frecuencia de los tonos, etc. se elaboran de forma simétrica en las distintas áreas de la corteza cerebral. Las asimetrías hemisféricas son observables cuando la estimulación visual se sitúa en un hemicampo exterior al área de la fovea, tal y como lo demuestran Rugg y cols. (1985) en su experimento: un flash proyectado a 4 o 10 grados del punto de fijación producía potenciales evocados caracterizados por una N160 de mayor amplitud en el hemisferio contrario al hemisferio estimulado. También se producen notables asimetrías hemisféricas en los casos de lesión cerebral unilaterales que afectan a las vías y estructuras visuales.

Buschbaum y Fedio (1970), utilizando potenciales evocados, vieron que había diferencia en los mismos cuando los sujetos observaban estímulos verbales y no verbales proyectados a la izquierda del campo visual derecho.

Los estímulos verbales se correspondían con palabras de tres letras y los no verbales estaban formados por palabras que no tenían sentido. Al hacer los registros desde el lóbulo occipital vieron que había una clara diferencia entre los potenciales evocados respecto de los dos tipos de estímulos visuales utilizados en el hemisferio izquierdo comparado con el derecho.

Las investigaciones de Barret y cols. (1976) y Haimovic y Pedley (1982), demostraron que en los casos de lesiones cerebrales unilaterales que afectan a las vías y las estructuras visuales, cuando los estímulos visuales son proyectados en forma de tablero de ajedrez sobre un hemicampo y se utiliza como electrodo de referencia Fz, aparece una simetría paradójica ya que la amplitud mayor de los potenciales evocados se sitúa en los hemisferios lesionados.

Estudios más recientes han demostrado asimetrías hemisféricas utilizando también estímulos visuales. Cohn y cols. (1985), realizaron un estudio sobre potenciales evocados por inversión de patrones, relacionandolos con asimetrías ligadas a la edad, al sexo y al hemisferio cerebral, al mismo tiempo que se realizaba un estudio electroencefalográfico. Los estímulos visuales se presentaban binocularmente y los registros se hicieron en la región occipital, de manera bilateral, en 50 chicos y 50 chicas de edades comprendidas entre 5 y 14 años.

Los resultados fueron que las latencias de los potenciales evocados no se afectaron ni por la edad, ni por el sexo; sin embargo las amplitudes fueron siempre mayores en las chicas que en los chicos, aunque estas diferencias se acortaron en la adolescencia.

Respecto a las asimetrías hemisféricas, se vio que la amplitud de los potenciales evocados era mayor cuando se registraban por el electrodo occipital derecho que cuando se hacía por el izquierdo. Estas asimetrías eran patentes tanto en las chicas como en los chicos, así como a lo largo de todas las edades, si bien es cierto que las diferencias tendían a disminuir con la maduración.

La asimetría de la banda alfa del electroencefalograma (E.E.G.) no estaba ligada a la asimetría de los potenciales evocados.

Los potenciales evocados producidos por estimulación de la mitad del campo en 8 niñas, entre 9 y 10 años, han puesto en evidencia que la "lateralidad paradójica" de respuestas de medio campo, era la misma para una estimulación del hemicampo izquierdo que del derecho, lo que no ha permitido dar cuenta de la asimetría de la respuesta binocular del campo total.

Goodin y cols. (1985) encuentran asimetrías hemisféricas tras la utilización de potenciales evocados visuales en tareas complejas.

Brandeis y Lehmann (1986), han centrado sus investigaciones específicamente en la asimetría hemisférica de los potenciales evocados relativos a la información visual compleja (letras, palabras y caras) presentada en un hemicampo visual (Rugg, 1982).

Van Strien y cols. (1989), llevaron a cabo un estudio en sujetos diestros y zurdos con potenciales evocados visuales durante la realización de dos tareas: lectura de palabras y emparejamiento de figuras. El registro se obtuvo tanto en el hemisferio izquierdo como en el derecho de los lobulos occipital, parietal y temporal, en una muestra de 16 zurdos (8 varones y 8 mujeres) y 16 diestros (8 varones y 8 mujeres). Todos los sujetos presentaban una manualidad extrema (muy zurdos o muy diestros).

En el Experimento I se presentaban palabras que tenían que ser leidas y estímulos no verbales para ser emparejados. La condición dependiente de asimetrías fue encontrada en el componente P340. La lectura de palabras se elicitó en el componente N500; mientras que el emparejamiento de figuras no se hizo.

En el Experimento II, las palabras se presentaron para ser leidas en ambos campos visuales, izquierdo y derecho. Se encontró que la amplitud del componente N160 era mayor y menores las de los componentes P240 y P400 cuando se comparó

la presentación de palabras por el campo visual contralateral frente a la presentación de las palabras en el campo ipsilateral.

La dicotomía entre funciones elementales representadas simétricamente en los dos hemisferios cerebrales y funciones complejas representadas asimétricamente ha sido parcialmente puesta en duda por investigaciones experimentales que han demostrado una asimetría hemisférica en la elaboración de la información elemental (Moscovitch, 1986).

Para afrontar este problema Mecacci y Spinelli (1987) utilizaron la técnica de los potenciales evocados. En un experimento piloto anterior se confrontaron los potenciales evocados registrados en los hemisferios a través de electrodos situados tanto en correspondencia con los lóbulos occipitales (O1 y O2) como en dos puntos correspondientes con los occípito-temporales. Los estímulos visuales utilizados se dispusieron en forma de tablero de ajedrez. Los potenciales evocados occipitales eran simétricos, mientras que los temporales tenían una amplitud mayor o menor en relación con los valores de los parámetros espacio-temporales.

Se ha encontrado sucesivamente, que los potenciales evocados temporales tienen una amplitud mayor en el hemisferio izquierdo cuando la frecuencia temporal de estimulación es elevada (8 Hz), mientras que las respuestas poseen una amplitud mayor en el hemisferio derecho o bien son simétricas, cuando las frecuencias temporales son bajas (1 Hz).

Este fenómeno de lateralización se acentúa cuando el campo visual está limitado a la zona periférica (y la zona de la fovea está excluída) en la condición de 8 Hz, o bien está limitado a la región de la fovea en la condición de 1 Hz; el efecto del campo ha sido estudiado sistemáticamente por Mecacci, Spinelli y Viggiano (1990). La influencia de la frecuencia temporal ha sido confirmada por Rebai y cols. (1986, 1989).

Hay que considerar que este cuadro de asimetría hemisférica es típico en los sujetos diestros. En los zurdos no se da una especialización en los dos hemisferios relacionada con las características espacio-temporales del estímulo, es decir, existe una constante superioridad (en sentido de una mayor amplitud de los potenciales evocados) en el hemisferio derecho (Spinelli y Mecacci, 1990). Estos datos indican que se da una representación diversa de las propiedades espacio-temporales de la información visual en los dos hemisferios cerebrales, tanto en las regiones corticales como en los lóbulos occipitales

No sólo se han utilizado estímulos visuales para el estudio de los potenciales evocados, sino también auditivos, como en el estudio llevado a cabo por Molfese, Freeman y Palermo (1975). Estos, estudiaron los potenciales evocados producidos por estímulos verbales y no verbales. Los resultados obtenidos fueron que la amplitud de los potenciales evocados frente a estímulos verbales era mayor en el hemisferio izquierdo que en el derecho, manteniéndose esta diferencia incluso cuando el sujeto simplemente escuchaba el estímulo y no tenía que interpretarlo, mientras que la amplitud era mayor en el hemisferio derecho cuando el estímulo era no verbal.

Algunos autores como Wood, Goff y Day (1971), estudiaron las asimetrías cerebrales a partir de la realización de una tarea determinada, mientras se registraban los potenciales evocados. En estos estudios se les presentaba a los sujetos una serie de palabras habladas en las que se varió la consonante inicial (ba contra da) o el tono (bajo o alto).

A la mitad de los sujetos se les instruyó para que escucharan cada aparición con la sílaba "ba" sin importarle el tono, mientras que a la otra mitad se les dijo que escucharan las sílabas de tono alto, sin tener en cuenta la consonante inicial.

Los resultados hallaron diferencia en los potenciales evocados producidos durante las tareas de escuchar sílabas y las de tono, pero sólo en el hemisferio izquierdo. Los registrados en el hemisferio derecho no mostraron diferencias para las

dos tareas. Estos resultados llevaron a los investigadores a pensar que había diferencias hemisféricas en la capacidad de análisis del tono y la sílaba.

En otro estudio llevado a cabo por Galin y Ellis (1975), se relacionaron los potenciales evocados con el registro electroencefalográfico, llegando a la conclusión de que tanto los potenciales evocados como el E.E.G. reflejan la actividad cerebral asimétrica, aunque no siempre se corresponden los resultados.

Hillyard y Kutas (1983) han intentado estudiar la asimetría hemisférica de los potenciales evocados a través de la información auditiva transmitida a partir de la técnica de escucha dicótica.

3.4. INDICACIONES CLINICAS

El estudio de los potenciales evocados cerebrales tiene un interés diagnóstico particular en la exploración de las vías nerviosas, parcialmente explorables hasta ahora mediante el estudio de las velocidades de conducción motoras o sensitivas tradicionales (André, 1992). Para que tengan aplicación clínica es necesario, primero, determinar los valores normales en cuanto a latencia, voltaje y su relación con el tipo de estímulo.

Los potenciales evocados permiten estudiar a sujetos que no pueden describir sus experiencias sensoriales, tales como lactantes, niños de corta edad, deficientes mentales, estados de ansiedad, algunas enfermedades neurológicas, etc., al establecerse la correlación entre las cualidades físicas del estímulo, la percepción sensorial y la latencia y voltaje de los potenciales previamente determinados en sujetos sanos (Starr, 1978).

Esto puede determinarse por los denominados potenciales evocados neurológicos que tienen una latencia entre los 0 y 250 milisegundos. Por encima de los 250 milisegundos están los llamados perceptuales, que permiten evaluar la función cerebral, la relación cerebro-comportamiento, estado mental interacción con drogas,

etc. (Elmadjian y Oslow, 1978). Los potenciales evocados perceptuales dependen de la información proporcionada por el estímulo y se considera que reflejan áreas de asociación, registrándose, preferentemente en los lóbulos parietales (Simson y cols, 1976) o en la parte posterior de los frontales (Picton y Hillyard, 1974b).

Finalizaremos este apartado señalando la utilidad de los potenciales evocados en el diagnóstico de distintas lesiones:

a) Diagnóstico de las lesiones de los plexos y de las raíces.

En las lesiones del plexo braquial, y en particular en caso de elongación o de arrancamiento, es posible determinar la topografía de las fibras totalmente dañadas (ausencia de potenciales evocados) o parcialmente lesionadas (aumento de la latencia, disminución de la amplitud). También es posible vigilar así, de manera precoz, la evolución de las lesiones: degeneración o recuperación (André, 1992).

b) Diagnóstico de las vías somestésicas medulares.

Las lesiones de las fibras medulares se caracterizan por un alargamiento de la latencia del potencial evocado cerebral, asociado o no a un aumento de las velocidades de conducción sensitivas, según exista o no una lesión asociada de las fibras nerviosas periféricas. De esta forma Perot (1973), demostró en pacientes con traumatismo de la columna vertebral, que los potenciales somatosensoriales eran un indicador muy sensible de la lesión medular. Bergamini y Bergamasco (1967), señalaron que las lesiones del nervio periférico prolongan las latencias de los potenciales evocados, mientras que las lesiones de las raíces o de la médula ocasionan cambios morfológicos importantes en los mismos.

Starr (1978), utilizó los potenciales evocados somatosensoriales en la cirugía de la columna vertebral, para la escisión de tumores medulares o corrección de la

curvatura de la columna, con el fin de monitorizar la función medular y prevenir efectos quirúrgicos indeseados.

c) Diagnóstico de las lesiones del tronco cerebral y del encéfalo.

El estudio de los potenciales evocados cerebrales somatosensoriales, auditivos y visuales, sirve para precisar las lesiones de las vías y centros respectivos, secuelas de los traumatismos craneales, de los accidentes vasculares cerebrales, de las anoxias neonatales y de la esclerosis en placa (André, 1992).

También es posible recoger datos objetivos particularmente interesantes en neuropsicología sobre el estudio da la patología de las funciones cerebrales superiores, tales como: afasia, agnosia, síndrome de desconexión, etc.

Por último, este método presenta un particular interés para el estudio del prematuro, ya que permite seguir y valorar la maduración cerebral.

MAPAS CEREBRALES

4. MAPAS CEREBRALES

El registro y análisis de la actividad eléctrica cortical ha permitido identificar zonas cerebrales especializadas en realizar una función específica, así se han localizado las áreas cerebrales encargadas del lenguaje: área de Broca y área de Wernicke; el cortex motor, el área auditiva primaria, etc.

La aplicación a este tipo de registros eléctricos de técnicas de análisis de señales como: transformadas de Fourier, convolución, etc.; ha permitido descomponer el registro eléctrico primario en transformaciones frecuenciales, etc.; que originan una información manejable e interpretable. Como resultado de esta actividad se localizaron por ejemplo los diversos ritmos cerebrales, denominados: Delta, Theta, Alfa y Beta (Duffy, Iyer y Surwillo, 1989).

Los mapas de actividad eléctrica cerebral (M.A.E.C.), o cartografía electroencefalográfica y de potenciales evocados corticales, más conocidos por su denominación inglesa como B.E.A.M. (Brain Electrical Activity Mapping), es una técnica novedosa que nos permite estudiar el sistema nervioso central tanto desde el punto de vista fisiológico como patológico (Duffy y Maurer, 1989).

La cartografía cerebral se basa en el análisis de la actividad de base electroencefalográfica, en cada una de las áreas cerebrales, cuantificando la energía que corresponde a las diferentes bandas de las frecuencias de la señal electroencefalográfica, y aportando su representación gráfica en forma de mapas (Oller y Ortiz, 1987).

Los mapas cerebrales constituyen la digitalización del trazado electroencafalográfico; no se pretende la interpretación de estos trazados sino que es un método complementario de análisis visual de la actividad eléctrica cerebral espontánea.

4.1. PASADO PRESENTE Y FUTURO DE LOS MAPAS CEREBRALES

Para conocer los antecedentes históricos de los mapas de actividad eléctrica cerebral hemos de remontarnos al año 1940, en el que Motokawa construyó el primer EEG amplificado en Japón. Motokawa (1942) fué también el primero en desarrollar y usar un sistema de análisis estadístico para la cuantificación de los datos electroencefalográficos. Sus investigaciones se centraron sobre la fase alfa registrada con 12 electrodos equidistantes colocados en el meridiano del cráneo y presentada en la forma de amplitud-fase vectorial. La sorprendente discontinuidad de los diagramas de fase entre las áreas frontal y parietal es debido a las diferencias en la estructura y densidad de estas dos áreas corticales (Motokawa y Tuziguti, 1944).

Motokawa (1944), también tuvo éxito en la medición del promedio de la amplitud alfa, determinada en 90 puntos distribuidos por igual en el cráneo, que fueron registrados sucesivamente en 27 personas, encontrando una distribución característica de los campos alfa.

A principios de los años 50, distintos investigadores comenzaron a diseñar expositores (displays) para visualizar detalles espacio temporales que no son detectables con el EEG. Los más sofisticados dispositivos fueron diseñados por Walter y Shipton (1951), quienes desarrollaron un aparato denominado "Toposcopio" (del griego Topos, que significa: lugar; y Skopein, que significa: para ver), que podía representar las modificaciones de la fase de la señal electroencefalográfica sobre el cuero cabelludo. La principal intención de estos investigadores fué aprender más acerca de la independencia electroencefalograma en las distintas regiones del cráneo.

El modelo más primitivo y simple fue diseñado por el grupo de Goldman (Goldman y cols., 1948). Consistía en un aparato cuadrado de 16 electrodos montado sobre el cráneo (o incluso sobre el pecho para registrar el corazón), en el que las señales fueron expuestas sobre un tubo de rayos catódicos como oscilaciones brillantes.

Este grupo no realizó ninguna otra publicación, pero sus ideas fueron recogidas por Lilly (1950), quién desarrolló lo que él denominó el "Bavatron" (Visualización en áreas de la actividad cerebral), que consistía en una formación de 25 puntos de luz sobre una pantalla. Tal y como señala Petscshe (1989), el propósito de Lilly fué buscar cómo se debían colocar los electrodos próximos para proporcionar la información esencial de cómo funciona un área cortical. Con este invento Lilly pudo realizar algunos ensayos sobre la estructura eléctrica de potenciales evocados en animales. Sin embargo la aplicación de este método fue limitada debido, principalmente, a las grandes cantidades de película grabada requeridas y al largo tiempo necesario para la evaluación de los datos.

El "Encefaloscopio" de Livanov se basaba en el mismo principio. Utilizó un sistema de 5 x 10 electrodos y trabajó con humanos y conejos (Livanov y Ananiev, 1955).

En 1955, Remond desarrolla mapas espacio-temporales mediante un montaje de electrodos colocados en línea. Adey y Walter (1967), utilizaron una forma de visualización gráfica del espectro de potencia del electroencefalograma, basada en los contornos espectrales de isopotencia, para el análisis de los registros electroencefalográficos de los tripulantes del vuelo espacial Géminis. En 1971, Lehmann publicó sus propios mapas de actividad alfa registrados mediante derivaciones múltiples; mientras que Bostem (1975), utilizó también unos métodos sinópticos de representación con similares objetivos.

Fueron finalmente Ragot y Remond (1978), los primeros en representar el mapa electroencefalográfico de la superficie del cuero cabelludo, llegando a una distribución en toda la superficie del mismo de los mapas espacio-temporales de EEG.

Los estudios de Cooley y Turkey (1976), permitieron desarrollar programas de análisis especializados como la Tansformada de Fourier (F.F.T.), es decir, el análisis del espectro de potencia del EEG en las diferentes bandas de frecuencias; que aplicados

a señales neurobioeléctricas en miniordenadores o microordenadores especializados, han permitido obtener mapas de actividad eléctrica cerebral en tiempo real.

De los primeros trabajos realizados con estas nuevas técnicas hemos de destacar los llevados a cabo por Duffy, Burchfield y Lombroso (1979), quienes presentaron este nuevo sistema de análisis electroencefalográfico denominándolo "Brain Electrical Activity Mapping" (B.E.A.M.). Person y Hjorth (1983), han facilitado la aplicación de esta nueva técnica para los laboratorios de electroencefalografía mediante microordenadores específicos. En este campo Sebban y cols. (1984), desarrollaron un sistema que, en base a las técnicas antes anunciadas, permite la realización de mapas de actividad eléctrica cerebral. Más recientemente se ha llegado al desarrollo de la cartografía cerebral en tiempo real.

Podemos definir, pues, a los mapas cerebrales como un modo de análisis de la actividad eléctrica cerebral mediante un proceso de síntesis visual de los resultados, basándose en los valores de los espectros de potencia de la señal EEG en cada una de las bandas de frecuencia que interese analizar, siendo una nueva técnica de Neuroimagen Funcional dinámica que permite representar, en forma de imagen, las actividades funcionales del SNC, pero que no entra en competencia con las técnicas de Neuroimagen Morfológicas (Tomografía Axial Computerizada y Resonancia Magnética Nuclear), que suponen una definición anatómica, pero no funcional de la estructura (Oller y Ortiz, 1987).

Lombroso y Duffy (1980), presentaron por primera vez una comparación de los mapas cerebrales como complemento de la tomografía axial computerizada, concluyendo que así como el exámen del TAC cerebral permite conocer procesos lesionales cerebrales con mucha mayor exactitud que el examen electroencefalográfico, este último, junto con la obtención de potenciales evocados corticales, puede ser una herramienta diagnóstica fundamental para los procesos cerebrales no necesariamente lesionales. Estos autores concluyen, que la culminación de la cartografía espectral o mapas de actividad eléctrica cerebral y de la cartografía de potenciales evocados o

mapas de actividad eléctrica cerebral evocada, como técnicas de Neuroimagen Funcional cortical, pueden permitir en un futuro realizar una valoración funcional de la lesión ya demostrada por técnicas de neuroimagen estructural, obtener una valoración funcional de zonas anormales sólo funcionalmente, estudiar la dinámica de las funciones cognitivas (Garcia de Leon, 1988), conocer los estados funcionales del sueño, estudiar las relaciones sueño-vigilia, coma, muerte cerebral, psicosis, y valorar el deterioro de la maduración cerebral, así como efectuar estudios con fármacos de acción cerebral. Con estas perspectivas futuras podrían quedar resumidas las posibilidades e indicaciones de esta técnica (Pfurtscheller, 1989; Scarpino y cols., 1990).

4.2. PRINCIPIOS Y METODOS

La cartografía cerebral condensa la información espacio-temporal obtenida de la señal de electroencefalografía y recogida por un sistema de multielectrodos distribuidos por el cráneo, siguiendo, generalmente, la regla internacional de Jasper (1958) denominada 10/20. Con este sistema obtendríamos una representación en visión superior del mapa de actividad eléctrica cerebral. Si quisiéramos obtener una representación sagital o lateral, tendríamos que añadir electrodos suplementarios.

No todos los autores utilizan este sistema, existiendo distintas variaciones en función de las necesidades a cubrir y de los objetivos a lograr (Nuwer, 1986).

A continuación la señal o señales digitalizadas son sometidas a la Transformada Rápida de Fourier, obteniéndose el espectro de potencia para cada electrodo. Posteriormente, y por medio de sistemas computerizados, se logra la representación en forma de mapas de actividad eléctrica cerebral (Oller y Ortiz, 1987).

En su forma más usual, la cartografía cerebral utiliza los datos numéricos del análisis espectral, para en base a ellos elaborar un mapa topográfico cerebral. Presenta una escala cromática, en la que habitualmente los colores frios (azules y verdes) representan las potencias más bajas y los cálidos (rojos y amarillos) las más altas. Para

asignar los colores se realiza un proceso de interpolación, de tal forma que el color de un punto cualquiera viene dado por la interpolación de la potencia de los tres electrodos más próximos.

Las posibilidades de representación de los mapas son varias y van desde los mapas globales de ambos hemisferios, a la presentación de imágenes sucesivas inmediatas de la evolución de la actividad eléctrica cerebral del EEG o de los potenciales evocados. Estas imágenes sucesivas se denominan "Cartooning" y nos permiten obtener una visión consecutiva de las modificaciones de la actividad cerebral en el curso del tiempo.

Por último, hemos de señalar el sistema o procedimiento de análisis estadístico de la señal cartográfica desarrollado por Duffy (1982), denominado "Mapa de Significación Estadística", que consiste en crear un banco de datos de mapas de población normal y comparar con ellos el mapa del sujeto a investigar. A través de este sistema podemos comparar a un determinado sujeto con el grupo correspondiente y aportar un mapa de significación estadística en el que, en vez de representarse las características cartográficas del sujeto en cuestión, se representan las desviaciones de éste respecto del grupo control, empleándose para ello las desviaciones típicas o standard en vez de las unidades de potencia.

4.3. MAPAS CEREBRALES EN SUJETOS NORMALES

A pesar de las numerosas posibilidades de esta técnica, todavía hoy no existen muchas investigaciones relacionadas con sujetos normales, aunque podemos destacar las siguientes:

Lombroso y Duffy (1980), comparando mapas cerebrales y tomografía axial computarizada, demostraron que los mapas de actividad eléctrica cerebral en sujetos normales diestros presentan un predominio theta-delta simétrico en áreas medias del

vertex, así como un valor más acusado en áreas posteriores derechas (occipitales) para la banda alfa y una mayor distribución de la energía en áreas anteriores para la banda beta.

Sebban y cols. (1984), realizaron una investigación con 15 jovenes adultos normales en busca de definir la cartografía electroencefalográfica normal. Para ello estudiaron las bandas delta, theta, alfa y beta, las proporciones medias a nivel de cada electrodo, dividiendo la potencia recogida en la misma por la potencia mínima encontrada en la banda estudiada. Los resultados demostraron que este tipo de parámetro permite afirmar en un determinado paciente la presencia de una zona de actividad anormal. También hacen notar, en su investigación, la gran reproductibilidad de las imágenes obtenidas.

Duffy (1986), concluye respecto a la dominancia hemisférica, que los individuos diestros presentan un predominio de la actividad alfa occipital sobre el hemisferio no dominante; mientras que en la banda beta no se observan asimetrías a nivel occipital. También señala como signos de senilidad, dentro del individuo normal, dos datos: en primer lugar, la ausencia del bloqueo del alfa occipital; y en segundo lugar, un incremento de la banda theta en la región frontal posterior y temporal media y posterior del hemisferio derecho fundamentalmente, observando de tal forma una notable asimetría interhemisférica.

Coppola (1986), estudió la distribución de la actividad alfa en 21 sujetos normales, dividiéndola en dos grupos: 1.- Alfa sub 1 (entre 7 y 10 Hz.); 2.- Alfa sub 2 (entre 10 y 13 Hz.). Los resultados obtenidos fueron que la actividad de la alfa sub 1 se distribuye por la región centro parietal; mientras que la alfa sub 2 se distribuye por la región occipital.

Prier y cols. (1986), estudiaron una muestra amplia de sujetos normales realizando distintas tareas: cálculo mental, escuchar un texto, escuchar música y una prueba visoespacial. Los resultados más destacados fueron los siguientes: el cálculo

mental produjo una disminución, difusa, de la actividad de la banda alfa, aún así, la banda alfa presentaba un predominio en la región parieto-témporo-occipital izquierda y en la región fronto rolándica bilateral; la tarea visoespacial produjo una disminución de la actividad de la banda alfa y beta 1 sobre la mitad posterior de los hemisferios y una mayor activación del hemisferio derecho.

Oller y Ortiz (1987), realizaron una investigación con 125 sujetos normales, donde analizaron las cuatro bandas electroencefalográficas: Delta, Theta, Alfa y Beta, con la técnica de cartografía cerebral. El grupo total fue dividido en siete subgrupos en relación a la edad, de la siguiente forma:

1.- De 6 a 10 años (10 sujetos)
2.- De 11 a 15 años (12 sujetos)
3.- De 16 a 20 años (20 sujetos)
4.- De 21 a 30 años (20 sujetos)
5.- De 31 a 40 años (19 sujetos)
6.- De 41 a 50 años (18 sujetos)
7.- De 51 a 60 años (18 sujetos)

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Banda Delta: detectaron, sólo en los dos primeros subgrupos de edad (de 6 a 10 años y de 11 a 15 años), una alta energía en las regiones occipitales, en forma bilateral con predominio en hemisferio dominante (dextros). Así mismo comprobaron que a partir de la adolescencia la energía de esta banda disminuye progresivamente en intensidad en todas las áreas cerebrales.

- Banda Theta: aparece una disminución progresiva de la energía, a partir de la adolescencia, especialmente en las regiones parieto-occipitales.

- Banda Alfa: presenta un claro predominio parieto-occipital en hemisferio no dominante.

- Banda Beta: fue subdividida en Beta 1 (12,5 - 21 Hz.) y Beta 2 (21,5 - 30 Hz.). Los resultados concluyen que la energía de la banda beta 1 se distribuye de forma homogénea en todas las áreas cerebrales y es de baja intensidad, mientras que se observa la ausencia de la banda beta 2.

García de León y cols. (1987), mediante la utilización de los mapas cerebrales en una muestra de niños normales, ante distintas situaciones, llega a las siguientes conclusiones:

- Situación de reposo con Ojos Cerrados: permiten una visualización global de la organización y diferenciación topográfica cerebral, íntimamente ligadas en los niños a los procesos de maduración cerebral. Puede indicarnos el grado de maduración bioeléctrica.

- Situación de Ojos Abiertos: permite la detección de asimetrías que pueden ser correlacionadas con anomalías focales. Sirve para valorar la reactividad de la banda alfa, cláramente disminuida en diversas encefalopatías, y también puede utilizarse como patrón de comparación de la respuesta ante las diversas tareas con las que se estimula al sujeto.

- Frente a distintas actividades psicofísicas (puzzle, lectura, audición de música, etc.): se pueden poner de manifiesto las estrategias que ambos hemisferios ponen en marcha para afrontar dichas actividades. En líneas generales encontraron una disminución de la potencia total y de la potencia alfa, así como un aumento de la potencia relativa de las bandas beta 1 y 2, que tiende a predominar sobre las áreas específicas, coincidiendo con lo descrito en los estudios sobre la dominancia hemisférica.

- Los mapas cerebrales mostraron la existencia de una gradación en el nivel de activación inducido por las diferentes tareas y situaciones, que es tanto más alta cuanto mayor es la complejidad de la tarea. Así pudieron comprobar la existencia de una gradación en la activación inducida por las diferentes pruebas, produciendose, a nivel

de las regiones temporales, la mayor desincronización de la actividad de la banda alfa cuando es inducida por la audición de música, y un incremento de la actividad rápida en las regiones temporales inducida por las tareas de lectura y escritura.

Skrandies (1988), analizó el espacio de tiempo de los campos de potenciales evocados, utilizando para ello un estímulo de rejilla de contraste inverso, de frecuencia espacial y orientación diferente. La muestra estaba formada por 12 sujetos sanos adultos. La actividad eléctrica cerebral fue cuantificada, independientemente del electrodo de referencia, por el cálculo de la potencia global de campo. La función máxima de la potencia global de campo sobre los tiempos se determinó por la latencia, en relación a la influencia de la frecuencia espacial y orientación. Ambos efectos fueron estadísticamente significativos, dando como resultado la existencia de diferencias topográficas respecto a dicha latencia.

Johnson (1989), analizó la conducta de los componentes tempranos y tardíos de los potenciales evocados cerebrales elicitados por estímulos auditivos y visuales en 40 mujeres entre 7 y 20 años de edad. El análisis de las latencias de los componentes tempranos (N1, P2, N2) reveló pequeñas pero significativas disminuciones con la edad en la modalidad visual, pero no en la auditiva. Sin embargo, las amplitudes en estos componentes tempranos no cambiaron significativamente en este rango de edad.

Los resultados han mostrado que las latencias de la P300 auditiva y visual cambiaron significativamente para este rango de edad, pero no así las amplitudes. La latencia del componente P300 auditivo mostró unos cambios relativamente bruscos alrededor de los 12 años, después dicha latencia fue cambiando poco a poco hasta llegar a los niveles del adulto. La latencia del componente P300 visual mostró una menor y más estable variabilidad con la edad. Así la latencia del P300 visual fue más corta que la del P300 auditivo en las chicas jóvenes, pero más larga en las chicas mayores.

La distribución en el cuero cabelludo de la P300 auditiva y visual fue significativamente diferente. Aunque toda la actividad de la P300 fue mayor sobre la

zona parietal, la P300 visual fue significativamente más amplia que la P300 auditiva sobre la zona central y frontal. Las diferencias de desarrollo, combinadas con la presencia de diferencias topográficas en el cuero cabelludo significativas para la P300 auditiva y visual, proporciona una evidencia de que la actividad P300 no es independiente de la modalidad de los estímulos elicitados.

Brandeis y Lehmann (1989), estudiaron los cambios que acontecen en los mapas de potenciales evocados en tiempo y condición, con el fín de identificar cambios cualitativos en los procesos generadores de los mismos. Para ello utilizaron 12 sujetos normales (varones y mujeres) a los que se les presentaron estímulos visuales con y sin contornos subjetivos. El registro se realizó con 16 electrodos. Tanto el proceso de atención como los contornos subjetivos cambiaron el mapa topográfico incrementando la amplitud de los potenciales. Desde 170-380 milisegundos los potenciales presentaron unos efectos similares en la topografía del mapa antero-posterior. Las diferencias topográficas entre los efectos de la atención y los contornos subjetivos estaban también presentes, pero afectaban principalmente a la topografía izquierda-derecha. Los resultados concuerdan con la noción de la complejidad atencional en la percepción de los contornos subjetivos.

Barrett y Rugg (1990), investigaron la variación de los potenciales evocados en sujetos normales cuando se les presentaban dos dibujos con nombres, con y sin rima, secuencialmente. Durante el intervalo de 1,56 segundos entre los dos dibujos, la onda del potencial evocado lento fue más negativa en el hemisferio izquierdo que en el derecho, especialmente en los electrodos frontales. El potencial evocado del segundo dibujo difería en relación a la rima de su predecesor. Esta diferencia se basó en una mayor magnitud en los electrodos del hemisferio derecho que en las del izquierdo. La conclusión de la investigación fue que las asimetrias no dependen del empleo del material ortográfico y puede reflejar algunos aspectos fonológicos del material presentado visualmente.

Klimesch y cols. (1990), utilizaron la Desincronización Evento-Relatada (suma de la disminución del evento relatado en la potencia de la banda alfa) como índice de activación cortical, con el fín de investigar cómo la atención y las expectativas influyen en las diferencias hemisféricas para las palabras y los números. La muestra estaba formada por 12 sujetos, varones diestros, que tenían que realizar una tarea que consistía en una clasificación semántica y numérica bajo dos diferentes condiciones de expectación (alta y baja). Así, con una condición de expectación alta para las palabras y los números se presentaron por bloques. En la tarea semántica los sujetos tenían la categoria a la cual pertenecía la palabra, en la tarea numérica los sujetos tenían que juzgar si un número era par o impar. Utilizaron 48 palabras y números en cada una de las condiciones de expectación y cada sujeto tenía que realizar un total de 192 pruebas. Durante cada una de las 192 pruebas las señales del EEG se registraron a través de 29 electrodos y se analizaron dos bandas de frecuencia (6-10 Hz. y 9-13 Hz.). Los datos se presentaron topográficamente en forma de mapas y se realizaron análisis de varianza.

El resultado revela unos patrones complejos de interacciones entre las dos bandas de frecuencia, condiciones de expectación, tipos de estímulos y lugar de registro. Los resultados más importantes hacen referencia a la influencia de la expectación. En la condición de alta expectación el hemisferio izquierdo presenta mayor ventaja y en la banda de frecuencia alfa más baja (6-10 Hz.). Este resultado parece indicar que la banda alfa más baja es más sensible para reflejar la expectación y los procesos atencionales.

Schmitt (1990), analizó la infuencia de la complejidad estructural de patrones visuales y de un estado cognitivo operacionalmente definido en los potenciales evocados; para ello utilizó como estímulos los modelos de cuadros de ajedrez simétricos. El estado fue definido en base a la distribución de la densidad de la potencia espectral de la media de EEG en el intervalo de tiempo de un segundo antes del estímulo inicial. El valor del segundo estado fue determinado por el estado de dominancia y no dominancia de la banda alfa. De acuerdo con la definición para el estado de dominancia de la onda alfa el 70% de la onda espectral total debe estar

contenida en el rango de frecuencia de 8-13 Hz. La influencia del estado cognitivo y de la complejidad estructural de los potenciales evocados fueron verificados experimentalmente. Las amplitudes de los potenciales evocados fueron significativamente más altas en el rango de tiempo de 140-200 milisegundos después del estímulo de iniciación, debido a la mayor complejidad del estímulo. El estado de dominancia de la onda alfa condujo a una mayor negatividad significativa de los potenciales evocados en el rango de 280-400 milisegundos después del estímulo de iniciación.

Rodin (1991), utilizó para la investigación de los picos de latencia del componente P3 de los potenciales evocados cognitivos, las medias de la potencia global por campo (GFP). La muestra estaba compuesta por 25 sujetos normales y utilizó como estímulo elicitador de los potenciales evocados visuales los cuadros de ajedrez.

La correlación de la latencia del P3 GFP con la determinación de los picos convencionales fue más estrecha cuando se utilizó el registo con referencia promedio que cuando se utilizó con referencia biauricular. Filtrando los datos para eliminar la intrusión de frecuencias de 7 Hz cambiaron los coeficientes de correlación entre la potencia global por campo y los picos convencionales, así como las determinaciones de los picos convencionales disminuyeron. La GFP pudo ayudar a establecer la latencia pico del componente P3, especialmente cuando se presentaron dos picos en registros convencionales en PZ y CZ con diferente latencia. La conclusión a la que se llegó fue que la gran desviación estandar para el componente P3 sobre el trazado convencional no se ve disminuida por las determinaciones de la potencia global por campo.

En su conjunto, estas investigaciones buscan diferencias funcionales entre ambos hemisferios, partiendo de la base de que el hemisferio derecho tendría un carácter eminentemente visuoespacial; mientras que, el izquierdo poseería un carácter auditivo, siendo el hemisferio del lenguaje acústico-verbal y de la expresión oral lingüística.

FUNCIONALIDAD HEMISFERICA

5. FUNCIONALIDAD HEMISFERICA

Algunos investigadores del siglo XIX y un buen número de sus colegas del siglo XX intentaron atribuir a cada uno de los dos hemisferios funciones específicas.

Una de las tendencias de la investigación contemporánea sería atribuir al hemisferio izquierdo capacidades de orden lógico e intelectual y propiedades artístico emotivos al hemisferio derecho (Hellige, 1990).

5.1. ASPECTOS EVOLUTIVOS

La idea de que la especialización funcional hemisférica es un proceso evolutivo, ha sido puesta de manifiesto por distintos autores (Corbalis y Morgan, 1978; Satz y cols., 1990) y se ha defendido que tal especialización funcional está marcada por aspectos genéticos y culturales (Luria, 1966; Bogen, 1969b; Levy y Nagylaki, 1972; Goldman, 1972; Galin, 1974; Tenheuten, 1980; Geschwind y Galaburda, 1985; León-Carrión, 1986; Corbalis, 1989; Henninger, 1992), dando lugar a diferentes interpretaciones. Una de las posibles interpretaciones es que las diferencias entre los ritmos de maduración de regiones cerebrales homólogas de los hemisferios cerebrales podrían jugar un papel clave en la especialización hemisférica, ya que establecerían diferencias en la organización de las redes neuronales y en la sensibilidad a los factores ligados a los estímulos ambientales (Geschwind y Galaburda, 1985).

También se ha señalado que el origen de la asimetría cerebral está en la vida fetal (Wada y cols., 1975), debido a factores intrauterinos de origen bioquímico, o a la asimetría del desarrollo prenatal del oido y el laberinto (Previc, 1991). En este sentido se ha sugerido, recientemente, que la dominancia cerebral pudiera estar relacionada con factores biológicos no conductuales, tales como el sexo y diferencias hormonales, con el sistema inmunológico y con las células pigmentadas (Schachter y Galaburda, 1986).

En cuanto al desarrollo prenatal del oido y el laberinto Previc (1991) establece que la asimetría del oido depende, en cierta forma, de la asimetría en el desarrollo craneofacial, sin embargo la dominancia vestibular está determinada por la posición del feto durante el último trimestre. Una ventaja de la sensibilidad del oido derecho puede contribuir a establecer una ventaja del hemisferio izquierdo en la percepción del lenguaje y funciones lingüísticas, mientras que la dominancia auditiva izquierda puede fomentar, independientemente, la dominancia motora del lado derecho y una superioridad del hemisferio derecho en funciones visoespaciales. La importancia de la manualidad está unida a la adopción de una postura erguida en los homínidos primitivos, mientras que el claro fracaso de la asimetría vestibular puede ser la base de la mala lateralización motriz encontrada en algunas alteraciones neurológicas.

Numerosas investigaciones sobre el desarrollo de la especialización hemisférica se han realizado en niños de pecho, estudiando, principalmente, el hemisferio izquierdo (Schonen y Deruelle, 1991). Estas investigaciones se han realizado a lo largo de los primeros meses de vida y han estudiado la lateralización de distintas funciones cognitivas, como la lateralización de la percepción del sonido del lenguaje (Molfese y cols., 1975; Molfese y Molfese, 1980; Best y cols., 1982; Witelson, 1987; Bertoncini y cols., 1990); la lateralización de la manualidad (Flament, 1976; Schonen, 1977; Hawn y Harris, 1983; Peters, 1983; Ramsay, 1983; Trevarthen, 1986; Witelson, 1987); la lateralización de los aspectos gestuales, reconocimiento de formas y caras (Molfese y cols., 1975; Lewis y cols., 1978; Davidson y Fox, 1982; Fox y Davidson, 1987, 1988; Schonen y Deruelle, 1991); y procesos atencionales, muy importantes en la supervivencia del individuo; una revisión sobre este punto fue realizada por Mesulam (1981). La especialización del hemisferio derecho es generalmente inferior sobre la base de los estudios en los niños (niños de pecho), y en los adultos portadores de lesiones cerebrales perinatales (Schonen y Deruelle, 1991).

En cualquier caso, la maduración de los grandes lóbulos cerebrales no se realiza al mismo tiempo, la mayoría de las investigaciones parecen demostrar la existencia de un proceso madurativo derecha-izquierda en la lateralidad cerebral humana (León-

Carrión y cols., 1990). Tal como señalan Geschwind y Galaburda (1987), el desarrollo temprano del hemisferio derecho no es probablemente un fenómeno propio de los humanos sino que tiene que ver con una larga historia evolutiva. El desarrollo del individuo parece, desde este punto de vista, una recapitulación del curso de la evolución. Este proceso madurativo parece entenderse mejor cuando se conocen las funciones de cada hemisferio. Así el hemisferio derecho está principalmente implicado en el análisis del espacio externo y en los procesos de imaginación e intuición, siendo prelógico e imaginativo; establece, además, un control sobre distintas actividades automáticas (Heilman y cols., 1977). El lenguaje está asociado, en diestros, al hemisferio izquierdo, siendo además este hemisferio más razonador, lógico y analítico que el derecho. Si esto es así, el hemisferio dominante en los niños parece ser el derecho, ya que son más intuitivos que razonadores, más imaginativos que lógicos, y con mayor componente motor en su comunicación que lingüístico.

Con estos planteamientos se podría entender que en la edad infantil, el hemisferio cerebral dominante sea el derecho y con el paso del tiempo, con el aporte genético y bajo el efecto de la educación, los sujetos vayan adquiriendo un predominio hemisférico izquierdo (León-Carrión y cols., 1990). En la actualidad existen dificultades para comprobar estos postulados, debido a los problemas que presentan los instrumentos con que se mide o trata de comprobar la lateralidad y su correlato anatómico.

5.2. ESPECIALIZACION FUNCIONAL HEMISFERICA

Para llegar a determinar las funciones específicas de cada hemisferio se han realizado numerosas investigaciones siguiendo dos líneas de trabajo:

* Investigaciones realizadas en sujetos con alguna alteración cerebral, como las realizadas en:

- Sujetos con alteraciones neurológicas graves.
- Supresión funcional experimental de uno de los hemisferios.

- Estudios en comisurotomizados.

* Investigaciones realizadas en sujetos normales. Llevadas a cabo mediante pruebas de lateralización perceptiva; entre las que podemos diferenciar, según la modalidad perceptiva:

- Pruebas de percepción auditiva (escucha dicótica).
- Pruebas de percepción visual (Técnica taquistoscópica de hemicampos visuales).

5.2.1. Investigaciones realizadas en sujetos con alteración cerebral.

Vamos a revisar las investigaciones que se han realizado en sujetos con patología neurológica y en sujetos normales.

5.2.1.1. Sujetos con alteraciones neurológicas graves.

El primero en destacar la relacción entre la pérdida del habla (afasia) y una lesión en el lóbulo frontal izquierdo fue Broca (1864).

Broca en un principio relacionó la pérdida del habla con una lesión específica del lóbulo frontal izquierdo del cerebro. Posteriormente, tras multitud de necropsias, se dio cuenta de que las lesiones no sólo estaban siempre en el mismo lugar, sino también en el mismo lado, el izquierdo (especialmente en la parte posterior de la tercera circunvolución frontal de dicho hemisferio y en regiones próximas que corresponden a la parte baja de la corteza motora). Por otra parte también observó que en lesiones producidas en las áreas homónimas del hemisferio derecho, los sujetos no habían padecido afasias. Mohr (1976), ha llegado a la conclusión de que las lesiones restringidas a la parte posterior de la circunvolución frontal no están asociadas con una afasia persistente y severa de Broca, y sugiere que el síndrome afásico característico

de este tipo de afasia requiere inevitablemente una lesión más extensa de la corteza frontal.

Broca concluyó que la facultad de articular palabra estaba localizada en el hemisferio izquierdo, o por lo menos, depende fundamentalmente de este hemisferio.

También relacionó el uso de la mano derecha y el habla; sugiriendo que tanto el uso de la mano derecha como el habla son atribuibles a la superioridad congénita del hemisferio izquierdo en los diestros.

En 1874, Wernicke corrobora aún más, los hallazgos de Broca, descubriendo otros dos tipos de afasias, las sensoriales y las subcorticales. Estas afasias están relacionadas con el lóbulo temporal (las sensoriales), más concretamente con una lesión de la región posterior de la circunvolución temporal superior y se extiende parcialmente a la corteza parietal adyacente, y con el lóbulo frontal (las subcorticales), pero poseen una característica común y es que en los dos casos las lesiones están localizadas en el hemisferio izquierdo.

Más próximos a nuestros días, Reitan y Tarshers (1959) estudiaron a pacientes que presentaban afasias por lesión del hemisferio izquierdo, intentando descubrir si además de las afasias presentaban otros déficits funcionales concomitantes.

Para ello utilizaron un "test de rastreo", consistente en realizar dos tareas sucesivas. En primer lugar se les hacía seguir a los pacientes una serie de puntos marcados con símbolos numéricos, y posteriormente alternativamente con números y letras, alternandose. El resultado fue que mientras en la primera parte del test no tuvieron ningún problema, en la segunda obtuvieron un gran fracaso. Esto implica que la lesión del hemisferio izquierdo altera la capacidad de abstraer lo ordinal complejo (dos secuencias ordinales intercaladas), ya que las letras y los números tenían el mismo orden. Además descubrieron que si se les mandaba hacer un dibujo, éste tenía una característica común, que es la supersimplificación (ausencia absoluta de detalles).

Otro planteamiento utilizado para discernir las diferencias funcionales hemisféricas en enfermos con lesiones cerebrales graves fue el utilizado por Alberca Lorente (1963), quién propuso estudiar los efectos de las lesiones cerebrales cuando uno u otro hemisferio están lesionados en una misma región.

Alberca inició sus estudios en la encrucijada Temporo - Parieto - Occipital, que es precisamente la zona T.P.T. de Galaburda, a la que ya hemos hecho referencia en el capítulo de bases biológicas de la lateralidad.

Los resultados que obtiene son los siguientes:

- Cuando la lesión se localiza en la encrucijada temporo-parieto-occipital, pero en el hemisferio izquierdo, se produce el llamado Síndrome de Gertsmann, caracterizado por la aparición de: acalculia, agnosia de los dedos, imposibilidad de diferenciar la derecha de la izquierda corporal, agrafia y hemianopsia derecha.

- Cuando la lesión se localiza en el mismo punto pero en el hemisferio derecho, se produce el Síndrome de Wagner, caracterizado por la incapacidad de saber la hora comprendiendo perfectamente la situación de las agujas del reloj, imposibilidad de juntar las letras al leer, etc...; es decir los pacientes son incapaces de construir conjuntos desde las partes que lo integran.

Alberca concluyó asociando el Sindrome de Wagner con las Agnosias visoespaciales que Paterson y Zangwill descubrieron en 1944, quedando todo ello englobado bajo el nombre de Sindrome de Wagner y presentando cuatro síntomas característicos:

- La Apraxia Constructiva de elementos útiles: incapacidad de coordinar los movimientos de las manos con el campo visual percibido.

- La Prosopagnosia: es un tipo especial de agnosia visual, en la que solamente está afectado el reconocimiento de la fisonomía. En éste campo destacan los estudios de Hecaen y Angelergues (1962) y Benton (1990).

- La Agnosia Espacial Unilateral: que consiste en el desconocimiento del lado izquierdo (hemisomatognosis).

- La Atopografía o Atopognosia: el paciente atopognóstico desconoce su ubicación en la relación espacial.

De este trabajo de Alberca, se deduce que la integración y síntesis de figura y fondo, así como la captación del espacio en general, son funciones que se asientan en el hemisferio derecho (Rojo, 1984).

Posteriormente, Bogen (1969a), siguiendo la línea de trabajo de Alberca, completa los efectos producidos por las lesiones del hemisferio derecho. Coincidiendo con la tratada característica del Sindrome de Wagner descubre otros cuatro fenómenos más:

- La Amusia: imposibilidad para el paciente de sentir la música.
- Torpeza grave en el test de cubos de Kohs.
- Dificultad para dibujar debido a una sobreatención a los detalles.
- Incapacidad para dibujar con perspectiva. Este fenómeno ya había sido descrito por Warrington y cols. en 1966.

5.2.1.2. Supresión funcional experimental de uno de los hemisferios.

Consiste en la supresión funcional de uno de los hemisferios cerebrales, de forma pasajera y totalmente reversible.

Esto, teóricamente, se puede realizar de dos formas:

- Con electroshock unilateral.
- Con la administración de un anestésico, de modo que afecte, más especialmente, a un hemisferio que a otro.

5.2.1.2.1. Electroshock unilateral

Esta técnica fue utilizada principalmente por Halliday y cols. (1968). Aplicaron dos electrodos en ambos hemicráneos (primero en uno y después en otro) esperando descubrir las funciones de los hemisferios a medida que el paciente se recuperaba del electrochoque aplicado. Los resultados fueron totalmente negativos y no pudieron llegar a ninguna conclusión válida, sólo constataron que con el E.C.T. derecho se obtenían mejores resultados en las depresiones (aunque estadísticamente no fue significativo), y con el E.C.T. izquierdo el paciente se hacía más amnésico.

5.2.1.2.2. Anestesia, test de Wada

La utilización de anestésicos para detectar el hemisferio que controla el habla, fue ideada por Wada y Rasmussen (1960). Wada lo empezó a utilizar en los epilépticos, antes de la intervención quirúrgica a la que iban a ser sometidos, para determinar el hemisferio cerebral que controlaba el habla.

El test de Wada consiste en la inyección de un anestésico, como es el amital sódico, en una de las arterias carótidas, localizadas a ambos lados del cuello; ambas arterias llevan la sangre al hemisferio del mismo lado, produciendose la anestesia del hemisferio correspondiente al lado de la arteria en la que se le ha inyectado el amital junto con una hemiplejía transitoria del hemicuerpo contralateral, de manera que si el lenguaje estaba localizado en el hemisferio anestesiado se produciría una afasia (cosa que no ocurría si el hemisferio anestesiado era el contralateral).

A partir de este trabajo se comprobó que más del 95% de los diestros, sin antecedentes de daño cerebral temprano, tienen el habla y el lenguaje controlados por

el hemisferio izquierdo. Contrariamente a la regla de Broca, la mayoría de los zurdos también tienen controlado el habla y el lenguaje por el hemisferio izquierdo, (alrededor del 70%), mientras que un 15% tienen controlado el habla por el hemisferio derecho y otro 15% presentan evidencias de que el habla está controlado por ambos hemisferios (Harris y Carlson, 1988).

También se comprobó que los sujetos que habían padecido algún daño cerebral temprano en el hemisferio izquierdo, muestran una mayor incidencia de control del habla por el hemisferio derecho: 70% de los zurdos y 19% de los diestros. Esta evidencia habla de la gran adaptabilidad del cerebro.

Terzian y Cecotto (1961), utilizando el test de Wada, encontraron que había grandes diferencias fenoménicas si el hemisferio anestesiado era el del lenguaje o no.

Cuando el hemisferio izquierdo es el que controla el lenguaje y es el anestesiado, se provoca una reacción catastrófica, un gran sentimiento de culpa y una grave preocupación por el futuro.

Por el contrario si el hemisferio anestesiado es el derecho se produce una reacción emocional contraria y opuesta; por un lado, una indiferencia que en ocasiones puede llegar a una reacción de euforia, y por otro un estado hipomaníaco. Es importante destacar, según Alema y cols. (1961), que esta reacción de euforia sólo se produce cuando el hemisferio izquierdo no está lesionado; es decir, cuando no existen lesiones bilaterales.

Estos estudios apuntan hacia una relación entre el hemisferio izquierdo y la depresión, mientras que parece incompatible la relación entre el hemisferio izquierdo y la manía.

En un intento de estudiar estas relaciones, Homes y Panhuysen (1970), administraron amital sódico por vía intracarotídea unilateral a enfermos depresivos

hospitalizados, sin que ninguno tuviera lesión cerebral alguna. Los resultados mostraron que había una relación negativa entre la gravedad de la depresión, desde el punto de vista clínico, y la especialización del hemisferio izquierdo para el lenguaje, es decir, cuanto mayor era la depresión, menor era la dominancia izquierda para el lenguaje que poseía el sujeto.

Analizando los resultados de las investigaciones realizadas con el test de Wada, descritas anteriormente vemos que el bloqueo funcional del hemisferio derecho, estando intacto el izquierdo, produce un estado de euforia y exaltación, mientras que el bloqueo funcional del hemisferio izquierdo va a llevar a la desesperación y depresión.

De estos análisis se puede llegar a la conclusión de que los hemisferios cerebrales no sólo tienen relación con el estado de ánimo, sino también con la proyección del tiempo hacia el futuro.

Ahern y cols. (1991), estudiaron, con la técnica de Wada, la posible ventaja del hemisferio derecho para la evaluación de la expresión emocional facial, partiendo de la hipótesis de que el hemisferio derecho es superior al izquierdo en la evaluación de dicha expresión (Ley y Bryden, 1979; Strauss y Moscovitch, 1981; Etcoff, 1984; Borod y cols., 1986; Ellis y Young, 1989). Los resultados mostraron que cuando el hemisferio derecho era anestesiado la valoración de los pacientes sobre la intensidad de la expresión emocional en fotografías fue más baja que la valoración basal de esas expresiones. Estos efectos, sin embargo, no aparecieron cuando se anestesió el hemisferio izquierdo. La conclusión a la que llegaron fue que el hemisferio derecho es superior al izquierdo en la percepción y evaluación de la expresión emocional.

Aunque el test de Wada es una técnica bastante utilizada por los neurólogos por producir un efecto similar a los de una lesión cerebral sin causar daño cerebral, ha recibido numerosas críticas y matizaciones, centradas principalmente en los siguientes puntos:

1. La mayor parte de los trabajos en los que se ha aplicado el test de Wada han sido realizados con epilépticos en los que puede existir una pseudozurdera, cuestionandose, en estos casos, cual es el hemisferio dominante.

2. La contradicción que supone al test de Wada, el que pequeñas lesiones en el cerebro produzcan mayores efectos que lesiones masivas. Rojo (1984), explica esta situación diciendo que las funciones psíquicas normales son el resultado de interacciones complejas entre las distintas partes del cerebro, encontrándose entre sí en equilibrio dinámico; por lo que pequeñas lesiones pueden liberar áreas que de manera habitual están inhibidas, dando como resultado la desorganización de los modelos funcionales y repercutiendo en todas las áreas del Sistema Nervioso Central. Mientras que, por otro lado, las lesiones masivas producen un bloqueo con supresión total de todas las áreas afectadas, de manera que no se producen ni disarmonías ni desequilibrios.

3. La contradicción entre el test de Wada y las lesiones cerebrales, es explicable desde el momento que se sabe que el amital sódico inhibe de forma masiva el hemisferio homolateral a donde ha sido inyectado, pero a la vez activa produciendo una pequeña lesión en el hemisferio contralateral; es decir que lo que se produce es un bloqueo funcional total del hemisferio derecho y un bloqueo parcial del hemsiferio izquierdo. Esto hace que el hemisferio derecho no envie información porque está bloqueado; mientras que el izquierdo, que sólo está parcialmente bloqueado, presenta un defecto de sus áreas inhibitorias, encontrandose el sujeto con una sintomatología similar a la de la borrachera.

Resulta más difícil entender por qué cuando se inyecta amital sódico en la arteria correspondiente al hemisferio izquierdo se produce una reacción catastrófica; ya que al estar bloqueado el hemisferio se pierde la capacidad de conceptualización de lo que sucede.

Una posible explicación se basaría en que el lóbulo frontal derecho es el más desarrollado filogenéticamente, y sabiendo que, como dice Rojo (1984, pág. 160), "en el lóbulo frontal se asienta la conjugación de todos los procesos asociativos de todas las áreas cerebrales", podemos pensar que al estar bloqueado el hemisferio izquierdo, le corresponde al lóbulo frontal derecho dar la alarma del desastre ocurrido al indivíduo.

Para admitir esta posiblidad tendríamos que aceptar, forzosamente, que hay una transmisión del hemisferio que está bloqueando funcionalmente al otro hemisferio, para informarle del fallo del mismo.

Esta transmisión fue descubierta y demostrada por Kinsbourne (1970), quién comprobó que la transmisión entre ambos hemisferios es activa y que no puede ser simplemente un enmudecimiento del hemisferio afectado.

4. La transmisión interhemisférica, al fallar uno de los hemisferios, es activa y de alerta. Esto es evidente desde los hallazgos de Kinsbourne, pero esta comunicación interhemisférica no sólo se realiza a través del cuerpo calloso.

El problema que se plantea es saber de donde procede el estímulo activo, cuando uno de los hemisferios está bloqueado y por tanto mudo.

Kinsbourne explicó este problema al estudiar los tiempos de reacción en el hemisferio dominante y no dominante, constatando que dichos tiempos de reacción eran más cortos en el hemisferio dominante, es decir, en el izquierdo. Esto le llevó a pensar, en un primer momento, que al hemisferio izquierdo le llegaba la información de manera directa y éste la enviaba al hemisferio derecho a través del cuerpo calloso. Sin embargo, resultó no ser así, puesto que pudo comprobar que esta diferencia en los tiempos de reacción se mantenía en los comisurotomizados.

Después de constatar este hecho, concluyó que el retraso producido en el hemisferio no dominante, era debido a lo que él llamó "desvio de la atención que presta

cada hemisferio al estímulo". De ésta forma, si un estímulo se dirige a un hemisferio, pero por cualquier circunstancia no puede ser procesado en él, ha de descender a los centros más bajos del cerebro, como son los núcleos grises basales, para que ellos activen o despierten al otro hemisferio por las vías interhipocampicas, a través de la comisura blanca anterior, o a nivel diencefálico. Pero, si estos centros también fallan y no pueden alertar al hemisferio, la señal sigue descendiendo hasta la formación reticular, la cual la desvía al otro hemisferio poniendolo en estado de alerta.

Esto explica que al bloquear mediante el test de Wada el hemisferio izquierdo, la señal descienda y, por los caminos antes explicados, active el hemisferio derecho, produciendo un mensaje afectivo y de alerta, que se conciencia como inquietud, susto, pavor y miedo sin saber a qué.

5.2.1.3. Estudios en comisurotomizados

Nueva información sobre la especialización funcional hemisférica surge de pacientes en los que han sido seccionadas quirúrgicamente las conexiones entre los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo: los sujetos de cerebro dividido. El estudio de tales pacientes en los años treinta no reveló claras diferencias entre las funciones de los dos hemisferios, pero fue a causa de la ausencia de métodos apropiados de evaluación conductual (Rosenzweig y Leiman, 1992). Durante los años cincuenta fueron ámpliamente estudiadas estas desconexiones en animales y, proviniendo del campo de la investigación animal, Sperry (1974), supo cómo analizar separadamente el funcionamiento de los dos hemisferios y de este modo halló diferencias notables.

Las comisurotomías que se han realizado en los distintos estudios, han sido de dos tipos:

- Comisurotomía óptica o comisurotomía del quiasma óptico junto con la comisurotomía del cuerpo calloso.
- Comisurotomía del cuerpo calloso o de la gran comisura interhemisférica.

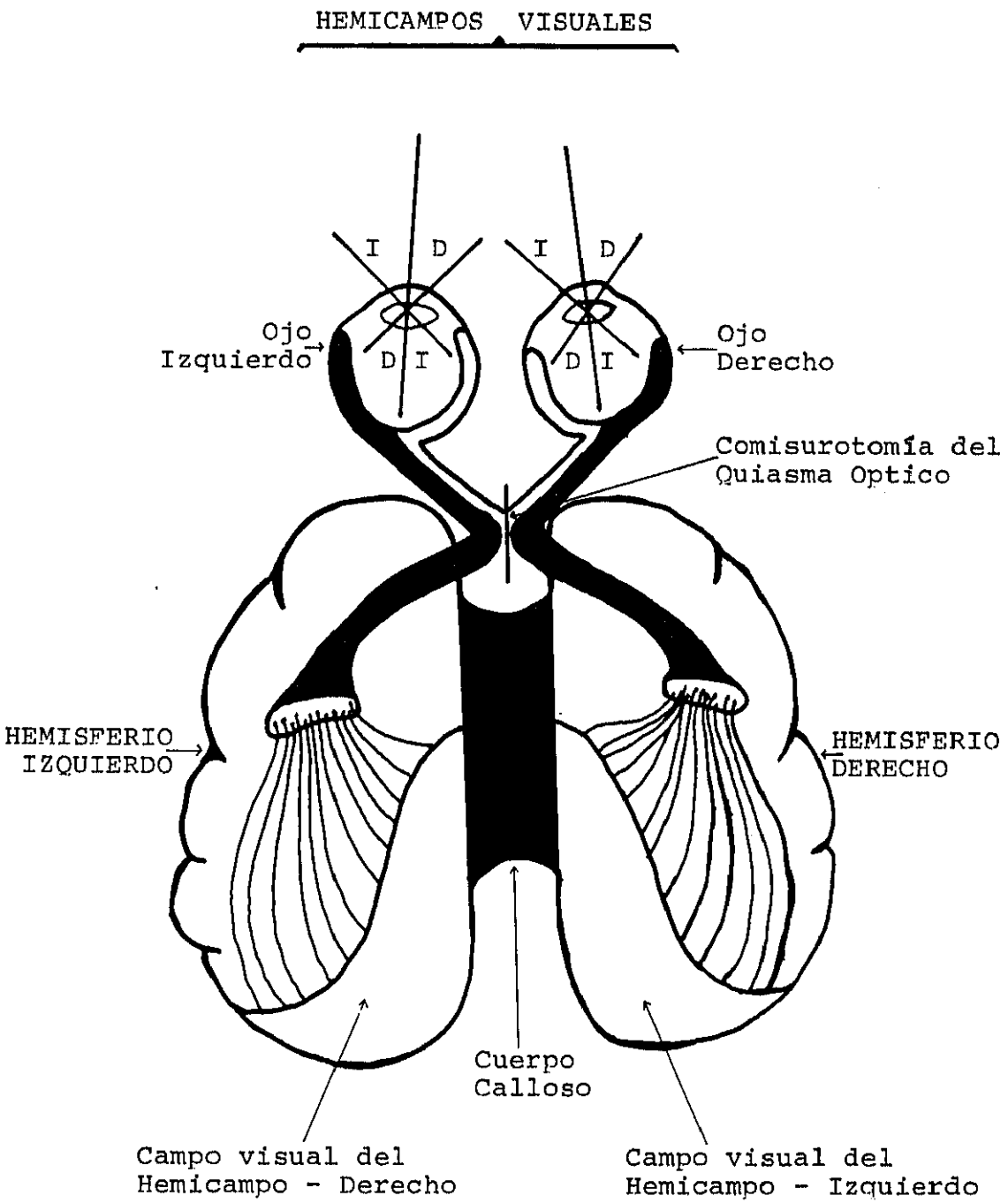
5.2.1.3.1. Estudios en comisurotomías del Quiasma Optico y Cuerpo Calloso.

Los primeros estudios realizados en éste campo fueron llevados a cabo por Myers (1955). Myers trabajando con gatos, seccionó el quiasma óptico con el fín de que la información visual recibida por cada ojo fuera exclusivamente al hemisferio cerebral correspondietne. Para evitar que ambos hemisferios se transmitieran la información recibida, seccionó el cuerpo calloso y el resto de los puentes de unión existentes entre los dos hemisferios.

Después de esperar un tiempo, para que el animal se recuperara del trauma sufrido, se empezaron a analizar los resultados de la intervención, viendo sorprendentemente cómo la conducta del animal era perfectamente normal, no presentando déficit funcional ni cambio alguno aparente. Sin embargo al realizar el estudio del comportamiento por el canal visual se descubrieron modificaciones importantes, tales como que el animal quedó ciego del hemicampo visual izquierdo del ojo derecho y por el hemicampo visual derecho del ojo izquierdo.

Esto se explica porque, normalmente, cada ojo se divide en dos hemicampos visuales (derecho e izquierdo), de manera que la información recibida por el hemicampo derecho del ojo derecho se proyecta, por la refracción del cristalino, sobre la mitad izquierda de la retina del mismo ojo y a través de las fibras cruzadas del nervio óptico envía la información al hemisferio izquierdo; mientras que, la información recibida por el hemicampo izquierdo del ojo derecho se proyecta sobre la mitad derecha de la retina, que a través de las fibras directas del nervio óptico envía la información al hemisferio derecho; pero como se han cortado las fibras del quiasma óptico, la vía cruzada queda incapacidatada para enviar la información al hemisferio correspondiente, explicandose la ceguera por el hemicampo visual en el ojo derecho. Lo contario ocurre en el ojo izquierdo, produciendose la ceguera del hemicampo visual izquierdo (ver figura 3).

Figura 3: Comisurotomía del Quiasma Optico realizada por Myers



Una vez observado esto Myers tapó un ojo al animal y lo condicionó a tocar una palanca para obtener la comida. A continuación, destapó el ojo y tapó el contralateral, condicionando al animal a evitar tocar la palanca, porque cada vez que lo hacía recibía una descarga eléctrica.

El resultado fue que el gato apretaba o evitaba apretar la palanca según que ojo tuviera descubierto. Esto demuestra que después de realizada la comisurotomía del quiasma óptico, cada hemisferio es totalmente independiente pudiendo tener actitudes, aprendizajes, respuestas distintas e incluso completamente opuestas.

Sperry y cols. (1956), realizaron también un estudio con gatos a los que se les seccionó el cuerpo calloso y el quiasma óptico de modo que cada ojo estaba conectado sólo al hemisferio del mismo lado. Estos gatos aprendían con su ojo izquierdo que un símbolo determinado estaba asociado a una recompensa, pero no así el símbolo invertido, mientras que con el ojo derecho aprendían lo opuesto, que se reforzaba el símbolo invertido pero no el normal. Por lo tanto, cada hemisferio ignoraba lo que el otro había aprendido.

5.2.1.3.2. Estudios en comisurotomías del Cuerpo Calloso

La cirugía de escisión cerebral o comisurotomía se instauró en principio como un tratamiento nuevo para los epilépticos. Este tratamiento innovador surgió a partir de dos hechos:

- La aparición de un artículo de Erickson (1940), en el que se describían experimentos sobre la difusión de la descarga epiléptica de uno a otro hemisferio en el cerebro de monos. En él, se concluía que dicha difusión interhemisférica se produciría a través del cuerpo calloso.

- La observación hecha por algunos investigadores de que cuando existía un

tumor u otro problema, que afectaba al cuerpo calloso, se reducía el número de ataques en pacientes epilépticos (Van Wagenen y Herren, 1940).

Las primeras comisurotomías realizadas en humanos fueron llevadas a cabo por Van Wagenen (1940). Las investigaciones postoperatorias fueron realizadas por Akelaitis (1941), y los resultados no mostraron apenas deficiencias en las capacidades perceptuales y motrices. La intervención no pareció tener efecto en la conducta diaria y el éxito en paliar los ataques pareció variar mucho de paciente a paciente.

Si se hace un análisis retrospectivo sobre la variablidad de los resultados de éstas primeras comisurotomías, se pueden atribuir a dos causas:

1. Las diferencias individuales en la naturaleza de la epilepsia de los pacientes.

2. Las variaciones en las técnicas quirúrgicas utilizadas en cada caso.

Van Wagenen a la vista de los pobres resultados obtenidos, no siguió realizando comisurotomías a los pacientes epilépticos intratables.

A pesar de estos pobres resultados Myers (1955) realizó comisurotomías en gatos pero no sólo la del cuerpo calloso, sino también la del quiasma óptico, encontrando los resultados expuestos en el punto anterior.

A la vista de estos resultados, Sperry revisó el estudio de su discípulo Myers y juntos demostaron que cuando un gato, al que se le había seccionado previamente el cuerpo calloso, se le presenta una información visual dirigida a un hemisferio, ésta no le servía al otro hemisferio (Myers, 1956; Myers y Sperry, 1958).

Sperry, empezó a preguntarse si los resultados encontrados en los gatos, y salvando todas las diferencias entre personas y animales, se podían producir también en el hombre. Su idea le llevó al análisis y estudio de las investigaciones que en 1940

Van Wagenen había realizado en epilépticos comisurotomizados, con el fín de que los ataques producidos por un foco irritativo en uno de los hemisferios, no pasará al otro, evitando de esta forma que el ataque se generalizara; además, con ello se pretendía evitar la resonancia que el hemisferio no epileptógeno produciría al ser excitado y que de manera secundaria re-excitara al primero. La comisurotomía del cuerpo calloso lo que haría, sería romper el círculo vicioso, produciendose la mejoría del enfermo.

Todo esto llevo a Sperry (1964) a investigar de nuevo en humanos. Para ello contó con unos colaboradores como Bogen, Voger y Gazzaniga.

La primera paciente epiléptica a la que Sperry realizó la comisurotomía fue a un ama de casa de 38 años de edad, que después de pasado un tiempo de recuperación de la intervención quirúrgica, volvió a su casa, aparentemente sin problemas.

Posteriormente un estudio más detallado demuestra que la paciente ignoraba el lado izquierdo de su cuerpo y de su entorno; de manera que si se golpeaba la mano izquierda le pasaba desapercibido, así como si se le daba un objeto, y lo cogía con la mano izquierda, no parecía darse cuenta de la acción realizada.

Esto se explicaría porque al estar la paciente comisurotomizada, los estímulos del hemicuerpo izquierdo que se dirigen al hemisferio cerebral derecho, no pueden pasar desde éste al hemisferio cerebral izquierdo, por lo que la paciente no podía expresar verbalmente lo que ocurría a su izquierda.

El ama de casa era incapaz de expresar verbalmente lo que ocurría a su izquierda, pero las pruebas basadas en gestos demostraban que se daba cuenta perfectamente de las sensaciones y movimientos (Sperry, 1968). El resultado era que el hemisferio cerebral derecho, por su desconexión, se había quedado mudo.

En algunos otros estudios de Sperry se proyectaron palabras a un solo hemisferio. Se presentaron estímulos visuales en la zona izquierda o derecha del campo

visual. Las palabras proyectadas al hemisferio izquierdo de los pacientes con cerebro dividido podían ser leídas y comunicadas verbalmente con facilidad; sin embargo no se evidenciaron estas capacidades lingüísticas al dirigir la información al hemisferio derecho.

Este resultado fue confirmándose cada vez más, a medida que Sperry realizaba más estudios con comisurotomizados, concluyendo que el hemisferio izquierdo posee el lenguaje y los mecanismos del habla en la mayoría de las personas. Más recientemente Zaidel (1976), ha mostrado que el hemisferio derecho tiene ciertas pequeñas habilidades lingüísticas; como por ejemplo, reconocer palabras simples.

Calle-Guglieri (1977), detalla el material utilizado por el equipo de Sperry en sus investigaciones, siendo éste: "una mesa sobre la cual hay una pantalla traslúcida, dividida en dos mitades, derecha e izquierda, ante la que se sienta el paciente; en el centro de la pantalla brilla un punto luminoso sobre el que debe centrarse el sujeto de estudio mirando sólo fijamente a él. Esta pantalla traslúcida separa al paciente del investigador, que está al otro lado de la mesa. Precisamente, en el lado del investigador, es decir, detrás de la pantalla vista desde el paciente, se colocan una serie de objetos de forma que el paciente pueda tocarlos para identificarlos con sus manos, pero sin poderlos ver, pues la pantalla, por ser traslúcida se lo impide".

"En el lado donde están el investigador y los objetos hay un proyector que puede proyectar imágenes indiferentemente sobre una mitad u otra de la pantalla. La proyección de imágenes es taquistoscópica, durando cuanto más 1/10 de segundo, a fin de que al paciente, centrados sus ojos en el punto luminoso como dijimos, no le dé tiempo de mover los ojos es decir, hacer un barrido con la vista mirando a la izquierda o a la derecha. De ésta manera, lo que aparece en la mitad izquierda de la pantalla será conducido al hemisferio derecho, mientras que lo que aparece en la mitad derecha de la pantalla será conducido, por entero al hemisferio izquierdo". (Rojo, 1984, pág. 165).

Sperry proyectaba dos tipos de imágenes, unas de objetos y otras de palabras escritas, que se relacionaban con los objetos colocados al otro lado de la pantalla, es decir, al lado del experimentador; de manera que cuando se le proyectaba una palabra en el campo visual izquierdo, los estímulos llegaban al hemisferio derecho y el sujeto cogía el objeto correspondiente con la mano izquierda, pero el problema es que no sabía decir la palabra escrita.

Posteriormente Calle-Guglieri (1977), adapta la técnica de Sperry y realiza una serie de estudios, similares a los de éste; en los que el sujeto comisurotomizado debía realizar una serie de tareas:

a) La primera tarea consistía en proyectar en la mitad de la pantalla el nombre de un objeto y el sujeto debe coger el objeto correspondiente. Esta tarea era bien realizada por los sujetos, pero una vez cogido el objeto, el sujeto no sabía decir cual era.

b) La segunda tarea consistía en proyectar en la pantalla una lista de palabras, el tiempo suficiente para que el sujeto pueda pronunciarlas correctamente. Después se le retiraba esta lista y se proyectaba una de las palabras que estaba incluida en esa lista, durante un tiempo mínimo, con el fin de que escribiera en un papel la palabra que aparecía proyectada. Esta tarea era realizada correctamente por los sujetos, pero luego se le pedía al sujeto que dijera lo que había escrito y éste no lo sabía.

c) La tercera tarea consistía en la presentación de dos palabras relacionadas entre sí. Una se le presenta en la pantalla izquierda y otra en la derecha y después se le preguntaba qué palabras eran las proyectadas y qué relación tenían entre ellas. El sujeto, en este caso, sólo podía entender la palabra que se presentaba en la pantalla derecha, pero la relación que tenían entre ellas la establecía al azar.

d) La cuarta tarea consistía en proyectar en la pantalla una lista de nombres de manera que estos llegaran al hemisferio izquierdo, siendo estos nombres reconocidos

inmediatamente; pero si en vez de nombres se les proyectaba una lista de verbos, estos no eran reconocidos.

Después realizó la experiencia opuesta, es decir, presentó las mismas listas pero al hemisferio derecho, viendo como los nombres no eran reconocidos, mientras que respondían gestualmente a los verbos.

A la vista de estos resultados Calle-Guglieri extrae una serie de conclusiones:

1. El hemisferio izquierdo es el hemisferio de los sustantivos (las cosas), mientras que el derecho es el de los verbos (las acciones).

2. El hemisferio izquierdo es el captador de lo estático, capta las estructuras quietas, encasillandolas hasta las elaboraciones abstractas (conceptos, juicios, etc...), mientras que el derecho es el captador de lo dinámico, capta las estructuras en movimientos (actuar, moverse, etc...).

Otras investigaciones realizadas en este campo, incluso anteriores a las citadas, llegan en mayor o menor grado a las mismas conclusiones.

Así Bogen y Gazzaniga (1965), comprobaron que en los pacientes comisurotomizados, el hemisferio derecho era dominante para la comprensión visual, mientras que el izquierdo lo era para la comprensión lingüística.

Milner y cols. (1968), utilizaron en sus estudios tests de caras y de comprensión verbal, llegando también a la conclusión de que el hemisferio derecho es dominante para los estímulos visuales; pero matizaron algo más, añadiendo que especialmente para las experiencias innombrables.

También fue puesta de manifiesto, en distintas investigaciones, con comisurotomizados, la especificidad del hemisferio derecho para la construcción de la

Gestalt visual. En éste campo hay que destacar los trabajos de Levy (1969, 1976), sobre la Prosopagnosia. Al sujeto se le proyectaba, siguiendo la técnica de Sperry, dos fotos de la cara de la misma persona, pero no iguales; una proyectaba en la mitad derecha de la pantalla y la otra en la mitad izquierda; después se las mezclaba con otras fotos y el sujeto tenía que seleccionar las mismas fotos que le habían sido presentadas.

Los resultados fueron que los pacientes seleccionaron las caras vistas por el hemisferio derecho, sin embargo no pudieron seleccionar las vistas por el hemisferio izquierdo.

En otro experimento realizado por Levy (1976) en esta línea de trabajo, a las fotografías se les ponía un nombre que hacía referencia a algún detalle de las mismas descubriendo que los comisurotomizados no podían relacionar la cara con el nombre acústico que le correspondía.

Esto prueba, una vez más, que el hemisferio que codifica las imágenes visuales es el derecho y las acústicas, el izquierdo.

Levy corroboró aún más estos hallazgos, tras una investigación sobre la forma de leer de los sujetos comisurotomizados. En este caso trabajó con sujetos que padecían una grave lesión en uno u otro hemisferio; encontrando que en aquellos que tenían lesionado el hemisferio izquierdo cuando la lectura era procesada por el hemisferio derecho, esta no se realizaba por sílabas, sino por palabras enteras. Sólo podían entender frases fenomenológicas enteras, no entendiendo las palabras en sus elementos silábicos ni literales.

Por el contrario los sujetos comisurotomizados, que además tenían una lesión en el hemisferio derecho, tenían que leer siguiendo la consecución encadenada de las palabras, es decir, unir letras para formar sílabas y estas para formar palabras.

La conclusión que se puede sacar de esta prueba de la lectura es, que las palabras leídas por el hemisferio derecho han de estar atadas a sus propios significados sin que el sujeto atienda a su fonología y menos aún, a la articulación de los elementos fonéticos que constituyen las palabras.

Levy concluye que la estrategia del hemisferio izquierdo para manejar la información entrante es más conceptualizadora y analítica mientras que el hemisferio derecho parece procesar la información en forma directa y es superior al izquierdo en las transformaciones visuales internas.

Otro trabajo que habla sobre el procesamiento del hemisferio derecho en comisurotomizados, fue el llevado a cabo por Duendorf y Kimura (1971), quienes descubren que el responsable de la captación del relieve es el hemisferio derecho, así como de la dirección del movimiento y de la interpretación del sentido que indican las flechas pintadas en la superficie.

Una vía diferente de trabajo es la representada por Zaidel (1975), con el empleo de las lentes Z. Estas son lentes de contacto que aseguran que sólo un hemisferio cerebral del sujeto recibe la información visual. En un trabajo posterior (Zaidel, 1978), encontró que las diferencias entre los hemisferios en cuando a la capacidad de comprensión eran algo menores de lo que anteriormente se pensaba. También señaló que la diferencia hemisférica a la hora de interpretar sustantivos y verbos estaba en función del tiempo de presentación del estímulo; cuando este tiempo aumentaba no existían diferencias entre los hemisferios. Estos hallazgos matizaban los encontrados por él mismo en 1975, y los anteriormente expuestos de Calle Gaglieri (1977).

La investigación con sujetos humanos con cerebro dividido ha sido criticada porque estos pacientes han padecido epilepsia muchos años antes de la cirugía. Como la prolongada actividad epiléptica produce numerosos cambios en el cerebro, los críticos han argumentado que las aparentes consecuencias de seccionar el cuerpo calloso pueden provenir de cambios en los cerebros epilépticos. Este argumento ha sido

debilitado por la publicación de observaciones sobre los efectos de una sección callosa parcial en no epilépticos (Damasio y cols., 1980). Damasio y sus colaboradores realizaron una sección callosa posterior en un chico de 16 años que padecía un tumor. Después de la cirugía el muchacho presentó algunos de los signos clásicos de fallo en la transferencia interhemisférica vistos en pacientes con cerebro dividido, tales como alteraciones de la función visual; sin embargo como las fibras callosas que conectan regiones corticales somatosensoriales permanecían intactas el paciente mantenía la integridad de la función somatosensorial. La alteración de la función visual y la integridad de la función somatosensorial en este paciente proporcionaron una gran evidencia de la necesidad de fibras callosas para la comunicación interhemisférica.

Una vez revisados los estudios en comisurotomizados, se aprecia que, por lo general, la evidencia experimental apunta en la misma dirección, por tanto, podemos concluir que es en el hemisferio derecho donde se asienta la capacidad visoespacial, mientras que en el izquierdo se asienta la capacidad analítica y del lenguaje.

5.2.2. Investigaciones realizadas en sujetos normales. Pruebas de Lateralización Perceptiva

Estas varían según la modalidad perceptiva. Entre ellas podemos destacar las de percepción auditiva (Audición dicótica) y visual (Técnica taquistoscópica de hemicampos visuales).

5.2.2.1. Pruebas de percepción auditiva (Escucha Dicótica)

Esta técnica está considerada como uno de los métodos indirectos para el estudio de la diferenciación hemisférica, más concretamente para la lateralización de la percepción auditiva. Consiste en presentar a los sujetos simultáneamente, mediante auriculares, sonidos diferentes a cada oído. El sujeto oye determinado sonido del habla en un oído y, al mismo tiempo, una vocal, consonante o palabra diferente en el otro oído. El sujeto tiene que identificar o recordar estos sonidos (Springer y Deutsh, 1988).

En esta técnica hay que tener en cuenta una serie de variables relevantes (Romero Medina y García Izquierdo, 1985):

1. Los estímulos; que se pueden dividir en dos grupos:

- Estímulos auditivos verbales, que pueden ser sílabas sin sentido (consonante-vocal), trigramas sin sentido (consonante-vocal-consonante), palabras de una sílaba, palabras de dos sílabas, palabras reversibles, dígitos, etc..., siendo las sílabas sin sentido y los dígitos los más comúnmente usados.

- Estímulos auditivos no verbales, como las melodías musicales y los sonidos ambientales y de animales.

2. La tareas; que es aquello que debe realizar el sujeto una vez que se le han presentado los estímulos auditivos. Son de dos tipos:
   - Evocación verbal de lo escuchado.
   - Señalización en una tarjeta donde están impresos los estímulos auditivos escuchados.

3. Los parámetros acústicos; entre los que podemos destacar:
   - Intensidad.
   - Frecuencia.
   - Alineación temporal.

Entre los investigadores que han utilizado esta técnica para el estudio de la asimetría cerebral y auditiva, en sujetos normales, podemos citar a Kimura, quién en 1961 realizó varios ensayos utilizando tres pares de dígitos hablados, presentados simultáneamente a través de auriculares y en sucesión rápida. Después de cada ensayo se pedía a los sujetos que recordasen los dígitos presentados anteriormente y en el mismo orden de presentación.

Los resultados fueron que los sujetos recordaban mejor los dígitos presentados al oído derecho que al izquierdo.

Estos hallazgos fueron sorprendentes, ya que no se comprendía el porqué de la ventaja del oído derecho, cuando en las tareas de audición dicótica están involucradas las aptitudes para entender y producir lenguaje, que son funciones principalmente del hemisferio izquierdo; además desde el punto de vista anatómico se sabe que cada oído envía información completa desde todos sus receptores a ambos hemisferios; por lo tanto no es difícil entender la sorpresa producida (ver figura 4).

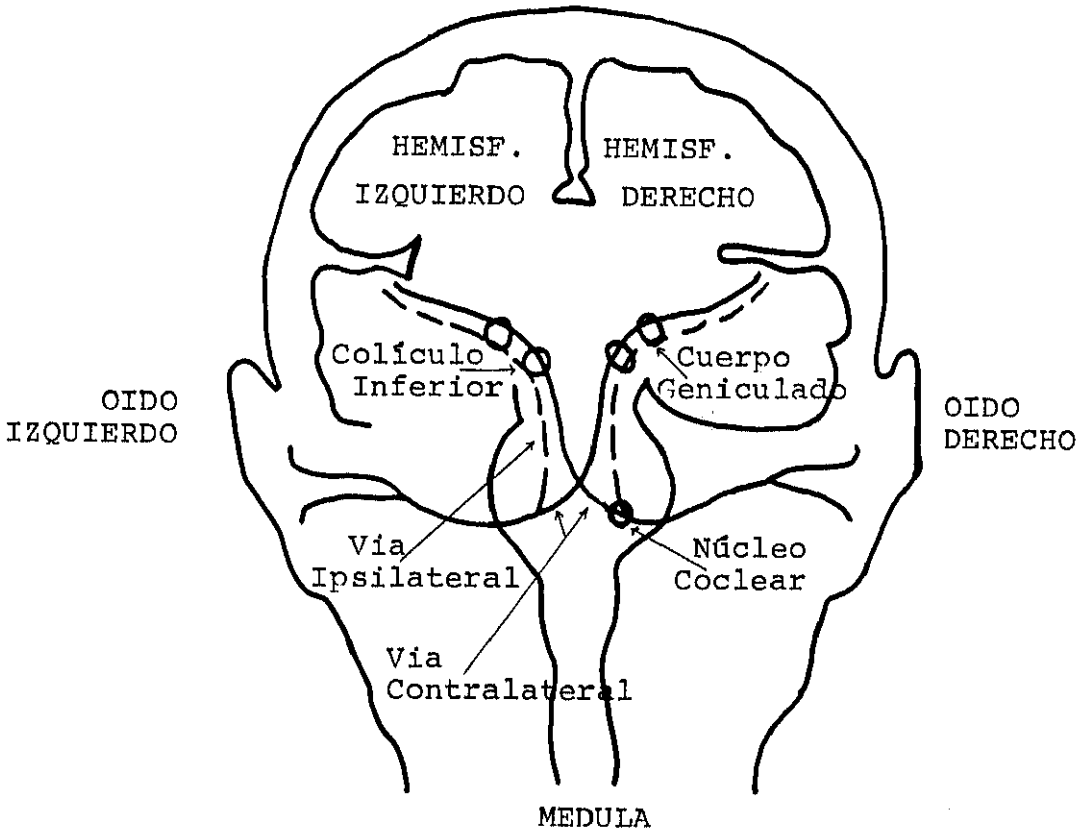
Kimura para explicar sus hallazgos tomó evidencias de los estudios en animales realizados por Rosenzweig (1951), que sugerían que las proyecciones contralaterales desde el oído al cerebro son más fuertes que las ipsilaterales y que cuando se presentan dos estímulos simultáneamente a cada oido, la diferencia en la fuerza de cada vía está exagerada, por lo que la información enviada por la vía ipsilateral, está suprimida.

En base a estas conclusiones y a las obtenidas por Dirks (1964), que demostraba en sus estudios que no había diferencia entre ambos oídos para identificar y detectar estímulos cuando estos se presentaban de manera unilateral a uno sólo de los oídos; Kimura pudo explicar la ventaja del oído derecho y establecer su modelo.

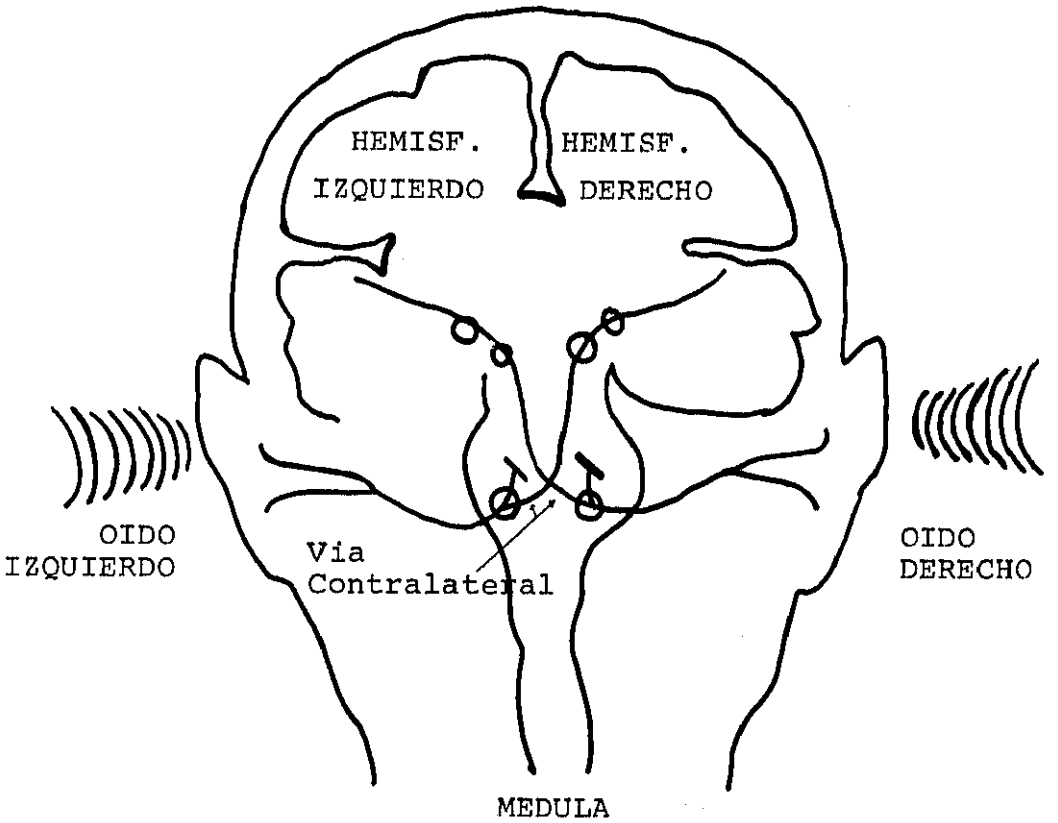
El modelo de Kimura (1973a) de audición dicótica para sujetos normales dice, que cuando el estímulo se presenta en un sólo oído, éste es enviado por las vías ipsilaterales al hemisferio cerebral del mismo lado y por las vías contralaterales al hemisferio del lado contrario. Sin embargo en la audición dicótica, las vías ipsilaterales están anuladas y la información que reciben los hemisferios cerebrales llega, exclusivamente, por las vías contralaterales. (ver figura 5)

Shankweiler y Studdert-Kennedy (1967), demuestran la ventaja del oído derecho (hemisferio izquierdo), para las funciones lingüísticas en las que se usan como estímulos trigramas vocal-consonante-vocal.

Figura 4: Percepción auditiva sin estímulos dicóticos



Figua 5: Percepción auditiva con estímulos dicóticos



Kimura (1967), demuestra la ventaja del oído derecho (hemisferio izquierdo) para las palabras y dígitos, mientras que para melodías musicales la superioridad es para el oído izquierdo (hemisferio derecho). Los mismos resultados obtienen Knox y Kimura en 1970.

Curry (1967), encuentra que el oído izquierdo es superior, cuando los estímulos utilizados son ruidos ambientales o familiares.

Moscovitch (1973), demuestra la ventaja del hemisferio izquierdo para discriminar entre dos consonantes con igual o distinta vocal, así como para discernir rimas.

Hiscok y Kinsbourne (1980), que en sus estudios obtiene ventaja del oído derecho para estímulos verbales en niños de tres años.

Tallal y Schwart (1980), demuestran que la ventaja del oído derecho de los diestros para los sonidos del lenguaje está restringida a tipos particulares de sonidos del habla. La ventaja del oído derecho es evidente en presentación simultánea de consonantes como <<b>>, <<d>>, <<t>> y <<k>> pero no con sonidos vocálicos. A la vista de los resultados, Tallal y Schwart han sugerido que la ventaja del oído-derecho-hemisferio-izquierdo en el procesamiento de sonidos del habla refleja una especialización hemisférica en el procesamiento de cualquier sonido con propiedades acústicas rápidamente cambiantes. En la misma línea de trabajo Tzeng y Wang (1984), señalan que la habilidad del hemisferio izquierdo para procesar características acústicas rápidamente cambiantes es la base de la superioridad del hemisferio izquierdo en el procesamiento lingüístico. Esta capacidad permite vincular segmentos de sonido facilitando la rápida transmisión y el análisis del habla.

Hugdahl y Anderson (1984), realizan estudios sobre las diferencias auditivas en la organización cerebral de diestros y zurdos.

Kraft (1984), estudió la especialización lateral y la habilidad espacial en chicos de preescolar, relacionandolas con la diferencia de edad, sexo y manualidad familiar.

Brodie (1989), investigó la discriminación del peso en la mano en función de la habilidad, preferencia manual y especialización hemisférica. Se midieron los umbrales diferenciales para las manos derecha e izquierda de sujetos varones y mujeres, diestros y zurdos. Los umbrales diferenciales resultaron ser más bajos para la mano contralateral al oído que resultó ser superior en una tarea verbal de escucha dicótica. Estos resultados establecen la existencia de una asimetría manual para la discriminación del "peso levantado" con una mayor ventaja para la mano contralateral al hemisferio cerebral del "no lenguaje".

En general, los datos de los experimentos de escucha dicótica indican que las personas diestras identifican estímulos verbales presentados al oído derecho con mayor exactitud que los estímulos presentados simultáneamente al oído izquierdo. Este resultado se describe como una ventaja del oído derecho para la información verbal. De esta forma todo estímulo verbal relacionado con el lenguaje será procesado por el hemisferio cerebral izquierdo, y todo estímulo no verbal se procesará en el hemisferio cerebral derecho; como por ejemplo: los sonidos musicales (Springer y Deutsch, 1988; Rosenzweig y Leiman, 1992).

5.2.2.2. Pruebas de percepción visual (Técnica Taquistoscópica de Hemicampos Visuales)

Es una técnica que ha reemplazado el método cruento del amital sódico intracarotídeo. Se emplea para estudiar la referencia del campo óptico. Consiste en la proyección de figuras o textos en la pantalla, en la porción monocular de uno u otro hemicampo visual durante fracciones de segundo (100-150 milisegundos). Esta técnica ha permitido reconocer la capacidad relativa de procesado verbal o no verbal de los hemisferios (Cardinali, 1992).

Para una mejor comprensión de esta técnica debemos hacer algunas consideraciones anatómicas y fisiológicas sobre el órgano de la visión.

La imagen captada del exterior es proyectada a la retina invertida totalmente, debido a las leyes de refracción del cristalino, es decir que lo que se ve por la parte derecha del ojo, se proyecta en la parte izquierda de la retina del mismo ojo.

El campo visual se divide en dos mitades:

- mitad externa, que se proyecta en la mitad interna de la retina. (Hemicampo visual izquierdo).

- mitad interna, que se proyecta en la mitad externa de la retina (Hemicampo visual derecho).

Por si fuera poca la complejidad del sistema visual, hay que añadir que de cada mitad de la retina salen las fibras del nervio óptico, constituyendo los de la mitad externa la vía directa, que va al hemisferio del mismo lado del ojo, mientras que las de la mitad interna forman la vía cruzada (Quiasma Optico), que se dirige al hemisferio opuesto.

Por consiguiente, podemos establecer las siguientes relaciones funcionales:

OJO DERECHO: Hemicampo Visual Izquierdo - Hemisferio Cerebral Derecho.
Hemicampo Visual Derecho - Hemisferio Cerebral Izquierdo. (Cruzamiento)

OJO IZQUIERDO: Hemicampo Visual Izquierdo - Hemisferio Cerebral Derecho. (Cruzamiento)
Hemicampo Visual Derecho - Hemisferio Cerebral Izquierdo.

Si englobamos el campo visual y lo dividimos, imaginariamente, en dos lados exactamente iguales cuyo divisorio pasara por la nariz, obtendríamos:

Mitad izquierda del Lado Derecho

H E M I S F E R I O
DERECHO

Mitad Izquierda del Lado Izquierdo

Mitad Derecha del Lado Derecho

H E M I S F E R I O
IZQUIERDO

Mitad Derecha del Lado Izquierdo

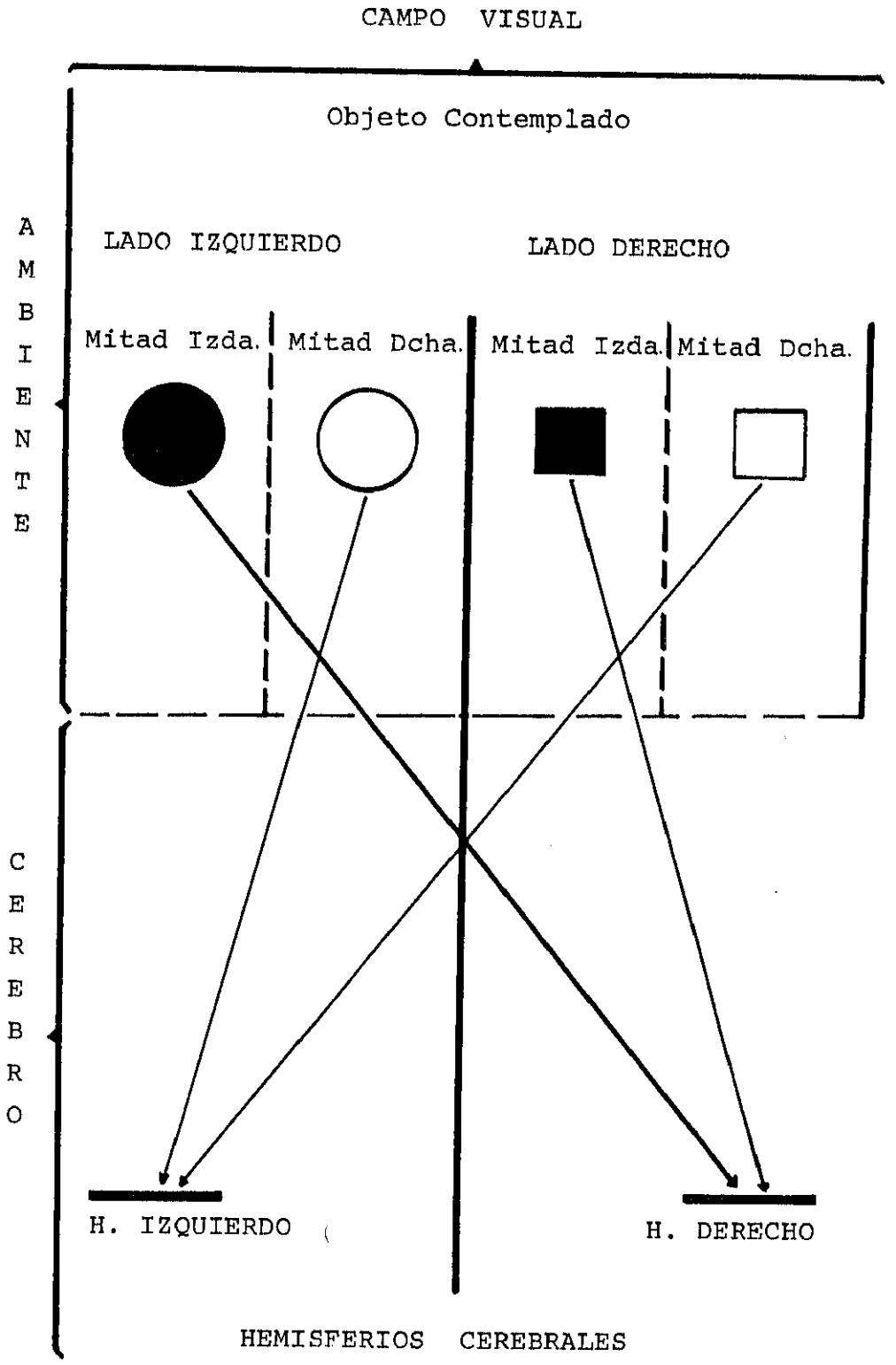
Por lo tanto, las mitades izquierdas de cada lado del campo visual visto por el individuo están en comunicación con el hemisferio derecho y las mitades derechas de cada lado del campo visual visto por el individuo están en comunicación con el hemisferio izquierdo (ver figura 6).

Esta ley se cumpliría si los ojos estuvieran inmóviles, ya que al moverse se produce un barrido del campo visual por ambos ojos, por lo que en este caso no podría hablarse de lado derecho o izquierdo, ni siquiera de mitades.

Para evitar este problema se utiliza el taquistoscopio, que puede proyectar imágenes con un tiempo de duración inferior a una décima de segundo, evitando de esta manera el barrido de los ojos.

Entre los investigadores que han utilizado esta técnica para el estudio de las diferencias hemisféricas, podemos hablar de:

Figura 6: Las mitades homónimas del campo visual de cada ojo convergen en el hemisferio contralateral



Mishkin y Forgais (1952), quienes estudiando a individuos diestros normales, demostraron que identificaban mejor las palabras escritas presentadas a la derecha del punto de fijación, que las presentadas en el campo visual izquierdo. Los autores concluyeron que la experiencia en la lectura produce una oganización nerviosa más efectiva, que se desarrolla en el hemisferio cerebral izquierdo. Otra investigación en esta línea de trabajo fue llevada a cabo por Barton y cols. (1965), quienes estudiaron las asimetrías de campo visual con palabras presentadas verticalmente para minimizar el posible papel de la exploración direccional (problema atribuido a Mishkin en su investigación). El resultado fue que el campo visual izquierdo presentaba una cierta ventaja en la lectura de palabras.

Heron, combinó las técnicas de taquistoscopio y de escucha dicótica, demostrando que las palabras habladas se captan mejor por el oído derecho (hemisferio izquierdo), mientras que las palabras escritas se captan mejor por el hemisferio derecho (Levy, 1976).

Kimura (1969), realizó estudios con sujetos diestros y demostró eran más precisos recordado la localización de puntos presentados en una tarjeta, cuando el material era inicialmente presentado al hemisferio derecho.

Geffen y cols. (1971) y Rizzolatti y cols. (1971), demuestran que los sujetos reorganizan caras presentadas en campo visual izquierdo con más rapidez que las que son presentadas en el campo visual derecho.

Duendorf y Kimura (1971), observaron una clara superioridad del hemisferio derecho para la captación de la profundidad estereoscópica.

Salmaso (1980), demuestra que si a los sujetos se les presentan pares de consonantes, que pueden formar sílabas o no, por el campo visual derecho (hemisferio izquierdo), son mejor reconocidos que si se presentan por el campo visual izquierdo (hemisferio derecho).

En un estudio previo (Miguel-Tobal, 1986), sobre una muestra de 58 sujetos diestros y zurdos, llegamos a las siguientes conclusiones:

1.- En lo que se refiere al procesamiento hemisférico, se comprobó que tanto los diestros como los zurdos muestran unos tiempos de reacción más cortos cuando los estímulos visuales no verbales eran presentados por el campo visual izquierdo, lo que implicaría un procesamiento de este tipo de información por parte del hemisferio derecho.

2.- Respecto a la preferencia manual, los resultados indican que en los sujetos diestros no existen diferencias significativas en los tiempos de reacción entre la mano derecha y la izquierda cuando los estímulos son presentados por el campo visual izquierdo. En el grupo de zurdos, los sujetos obtuvieron tiempos de reacción menores cuando ejecutaban la respuesta con la mano izquierda, tanto si los estímulos eran presentados por el campo visual derecho como por el izquierdo.

3.- No se encontraron diferencias en tiempo de reacción entre los diestros y zurdos cuando ejecutaban la respuesta con su mano dominante.

Van Kleeck (1989), demuestra, a través de un sistema de meta análisis, que el hemisferio izquierdo presenta una especialización local (proceso analítico), mientras que el hemisferio derecho presenta una especialización global (proceso holístico).

Boucart (1989), trata de examinar la influencia de las condiciones de presentación en la aparición de asimetrías hemisféricas. Los resultados que obtuvo fueron que cuando presentaba un estímulo visual de formas durante un breve periodo de tiempo o bien durante un periodo de tiempo más largo, el hemisferio que presentaba mayor ventaja para la determinación de ese estímulo era el derecho. Sin embargo, cuando a la presentación del estímulo (corto o largo) se le añadía un intervalo inter-estímulo, el hemisferio que mayor ventaja presentaba era el izquierdo. Los resultados

se interpretaron en términos de asimetría hemisférica para procesos de información global y local. Estos datos demuestran que existe una interacción entre las condiciones experimentales y el campo visual de presentación.

Bracewell y cols. (1990), demuestran que el hemisferio derecho es superior al izquierdo en el control oculomotor.

Ditunno y Mann (1990), estudiaron la especialización del hemisferio derecho en rotaciones mentales, tanto en sujetos normales como en lesionados cerebrales. El resultado fue que para este tipo de tareas, el campo visual izquierdo (hemisferio derecho) presentaba una mayor ventaja que el derecho, en ambos grupos de sujetos.

Deruelle y Schonen (1991), investigaron las asimetrías hemisféricas ante la presentación de modelos de caras (bien formadas y mal formadas) en niños. Los resultados obtenidos demostraron que el hemisferio derecho presentaba ventajas en el reconocimiento de caras mal formadas, mientras que cuando se presentaban caras bien formadas, la ventaja correspondía al hemisferio izquierdo.

Chiarello y Richards (1992), estudiaron el efecto de la dominancia cerebral en la semántica. Los resultados obtenidos se refieren a la ventaja que presenta el campo visual izquierdo (hemisferio derecho) para este tipo de estímulo. Este resultado obtenido afianza la idea de que a mayor rango de significación afín entre palabras, el hemisferio derecho presenta una mayor ventaja que el izquierdo.

A la vista de estos estudios podemos decir que en los diestros el hemisferio derecho, reconoce mejor la palabra escrita, y capta la percepción topológica visual y de profundidad o distancia radial, mientras que el hemisferio izquierdo, es superior para el lenguaje oral percibido por el oído derecho y para el análisis de las letras o sílabas que componen la escritura. Un procesamiento visual más simple como la detección de luz, tono o patrones sencillos es equivalente en ambos hemisferios. Pero para material más complejo, tanto en visión como en audición, ciertos estímulos verbales se procesan

mejor en el hemisferio izquierdo en la mayoría de los individuos (Rosenzweig y Leiman, 1992).

5.3. FUNCIONES DE CADA HEMISFERIO

A lo largo de este capítulo hemos hablado de las dificultades que tienen los investigadores para determinar las diferencias hemisféricas, así como de los hallazgos más relevantes en este campo. Algunos hablan de la dicotomía entre verbal versus no verbal. Otros afirman que los dos hemisferios difieren en el modo en que cada uno trata la información en general.

Las funciones citadas con más frecuencia y aceptadas por la mayoría de los autores (Annett, 1985; Ostrosky-Solís y Ardila, 1986; Geschwind y Galaburda, 1987; Springer y Deutsch, 1988; Rosenzweig y Leiman, 1992) son:

A) Funciones del Hemisferio Izquierdo:

El hemisferio izquierdo, tal como se ha señalado, posee un carácter predominantemente **auditivo-verbal**. Tendría a su cargo, de forma preferente, las siguientes funciones:

- El lenguaje acústico-verbal y la expresión oral lingüística; captación de sustantivos.
- La formación de conceptos.
- La crítica y elaboración de juicios (lógica).
- La memoria auditiva.
- El análisis:
  * Tendencia a quedarse con los detalles.
  * Análisis de las letras que componen la escritura.
  * Numeración ordinal.
- Control del movimiento voluntario complejo.

Estas funciones tienen un carácter realista, fonético, secuencial (ordenando categorías e ideas para la expresión de un razonamiento), analítico, proposicional, deductivo y convergente.

B) Funciones del Hemisferio Derecho:

De él se ha dicho que tiena un carácter predominantemente visoespacial. Destacan las siguientes funciones:

- Control de la expresión emocional.
- El lenguaje gutural y mímico.
- El lenguaje escrito: preferencia por verbos.
- La lectura por palabras o frases enteras.
- El reconocimiento de la música.
- El reconocimiento tactíl de modelos complejos.
- El reconocimiento de sonidos ambientales no relacionado con el lenguaje.
- El braile.
- La memoria verbal.
- La localización de puntos en el espacio.
- La dirección del movimiento.
- La captación de profundidad y volumen (reconocimiento de modelos geométricos complejos).
- La síntesis:
  * Tendencia a la esquematización.
  * Numeración cardinal.
  * Captación de la forma y reconocimiento de caras.

Estas funciones tienen un carácter automático, no lingüístico, holístico, sintético, gestáltico, de percepción de la forma y el espacio, organizador y divergente.

LA ZURDERA

6. LA ZURDERA

Los numerosos trabajos que se han realizado sobre la lateralidad son de muy diversa procedencia, por lo que se hace imposible su análisis dentro de una norma fija. Esta variedad de perspectivas y métodos nos demuestra por su parte la complejidad y la amplitud del tema.

Los antropólogos especulan que la lateralidad diestra apareció hace mucho tiempo en la prehistoria. A través de la historia se han asignado a las personas zurdas muchos atributos inusuales; desde la posesión de una personalidad perversa hasta una forma difusa de la organización de la corteza cerebral; de tal manera que el término siniestro comparte su significado más evidente con el de zurdo (Corbalis, 1983; Hellige, 1990)

La noción de zurdera, aunque aparentemente simple, es extremadamente compleja. Si bien esta noción está en relación con la preferencia de la mano activa, que a veces es variable según las actividades; puede también referirse a la preferencia de uso del pie o los órganos sensoriales.

Cuando la preferencia es de la mano y del pie, hablamos de lateralidad motora y cuando es de alguno de los órganos sensoriales, como el ojo y el oído, hablamos de lateralidad sensorial.

La lateralidad motora se considera vinculada, de forma primaria, a la asimetría cerebral, mientras que la lateralidad sensorial no parece estar muy relacionada con las diferencias hemisféricas (Porac y cols., 1980).

Brain, define al zurdo como el individuo que utiliza su mano izquierda para realizar los movimientos más finos, y precisos.

El primer problema que nos encontramos al tratar la zurdera es establecer su incidencia en la población general, ya que las cifras varían notablemente de unas

estadísticas a otras. Así por ejemplo Christiaens, Bize, Maurin y Planques (1962), hablaban de que en la población adulta el 6,8% eran zurdos; Spiegler y Yeni-Komshian (1983), dicen que un 13,8% de la población americana es zurda; Rojo (1984), habla del 10% y Manga y cols. (1984a), dicen que la incidencia oscila de un 5 a un 12%. Los estudios intraculturales más aceptados por la mayoria de los autores hablan de que el número de personas zurdas en la población general es de el 10%, aunque este porcentaje puede ser inferior en las zonas del mundo en las que los maestros se oponen activamente a la zurdera (Springer y Deutsch, 1988).

Esta dificultad para establecer la incidencia de zurdos en la población general, es debida a varias razones:

- La falta de unificación de criterios en relación al procedimiento a seguir para medir la manualidad o lateralidad manual.
- El origen de la muestra.
- La influencia de la presión social en las distintas culturas.
- Las variaciones que se producen en relación con las edades del sujeto.

6.1. DOMINANCIA CEREBRAL EN LOS ZURDOS

En primer lugar, debemos decir que ser zurdo no implica que sea mayor y dominante el hemisferio derecho, ni que exista una asimetría al revés que la de los diestros. Esto, ha sido demostrado en los numerosos estudios que han establecido relación entre el lenguaje y la preferencia manual (García-Merita, 1984).

Hardyc y cols. (1976), realizaron un estudio a gran escala sobre lateralidad y capacidad cognitiva. Examinaron a unos 7.000 niños de primero a sexto grado valorando rendimientos académicos, capacidades intelectuales, motivación y nivel socioeconómico, entre otros aspectos. El resultado de los análisis demostró claramente que los zurdos no diferían de los diestros en ninguna medida de capacidad cognitiva.

Los estudios que intentan establecer la dominancia cerebral en los zurdos se pueden agrupar en:

- Estudios en sujetos con Lesiones Cerebrales Unilaterales.
- Otros estudios.

6.1.1. Estudios en sujetos con Lesiones Cerebrales Unilaterales

La mayor parte de la comprensión de las relaciones entre mecanismos cerebrales y lenguaje deriva de la observación de los trastornos de lenguaje a consecuencia de lesión cerebral debida a traumatismos, enfermedades o accidentes vasculares. Los estudios de pacientes han mostrado que algunos sídromes comunes de alteración del lenguaje parecen relacionados con distintas regiones cerebrales. Específicamente, en el 90% de casos de trastornos del lenguaje debidos a lesión cerebral (lo que se conoce como afasia) la alteración está en el hemisferio izquierdo. La lesión del hemisferio derecho es responsable del 5-10% de casos restantes (Rosenzweig y Leiman, 1992).

En estos estudios se ha examinado la dominancia cerebral del lenguaje en los zurdos, a través de sujetos afásicos que presentaban lesión cerebral unilateral (Russell y Espir, 1961; Hecaen y Albert, 1978; Espir y Rose, 1983). Los estudios de los zurdos muestran que las lesiones que determinan dificultades del lenguaje son más frecuentes en el hemisferio izquierdo, aunque también puede estar lesionado el derecho. Los resultados obtenidos van en contra de la creencia, que había suscitado Broca, de que el zurdo poseía una dominancia cerebral para el lenguaje de manera inversa a los diestros, es decir en el hemisferio derecho (Hecaen y Sauguet, 1971). La frecuencia de afasia es mayor en los zurdos (Satz, 1980), pero es más probable que sea transitoria que en los diestros (Gloning y Quatember, 1966). A pesar del hemisferio lesionado, la severidad es menor y la recuperación más rápida y completa en los zurdos (Luria, 1966), aunque no todos los estudios confirman estos resultados (Newcombe y Ratcliff, 1973).

Esta incidencia mayor de afasias con mejor pronóstico de recuperación sugiere que existe una lateralización incompleta del lenguaje en la mayoría de los zurdos (Gloning y Quatember, 1966).

Humphrey y Zangwill (1952), quienes tras el estudio de 10 sujetos zurdos y afásicos, encontraron que sólo uno de los sujetos que tenía lesionado el hemisferio cerebral derecho llegó a tener una afasia permanente. Por lo tanto no es posible determinar solo por la afasia, que en los zurdos el hemisferio dominante es el derecho.

Subirana (1958), encuentra en sus estudios dos cosas: por un lado, que las afasias, independientemente del hemisferio afectado, son más frecuentes y más leves en los zurdos que en los diestros y por otro que la recuperación espontánea era más rápida y más completa en los zurdos.

Douglas y Benton (1963), tras llevar a cabo un análisis estadístico sobre zurdos afásicos y no afásicos, llegaron a las conclusiones siguientes:

- Que un 85% de los zurdos afásicos permanentes presentaban dominancia derecha, mientras que en el 15% restante, la dominancia era izquierda.
- En los zurdos no afásicos, el 6% presentaba dominacia cerebral izquierda, mientras que en el 4% restante, la dominancia era derecha.

La relación directa que hay entre la dominancia cerebral izquierda y la dextralidad fue demostrada por Zangwill (1967), quien en su estudio, en sujetos diestros con afasia, encontró que sólo un 1,8% de los mismos tenían la lesión localizada en el hemisferio derecho, por lo que se puede pensar que el 98,2% de sujetos restantes tenían lesionado el hemisferio izquierdo.

Luria (1974), comprueba que las afasias en los zurdos, como consecuencia de una lesión en el hemisferio derecho, son menos graves y persistentes que las que se producen en los diestros cuando el lesionado es el hemisferio izquierdo.

Levy (1976), realiza un estudio sobre la distribución de hemiplejías y afasias en diestros y zurdos, encontrando los siguientes resultados:

1.- Diestros: 65% con afasia permanente más hemiplejía derecha, signos evidentes de lesión en el hemisferio izquierdo, siendo éste el dominante. El 35% sin afasia pero con hemiplejía derecha, en este caso lo que ha existido es una afasia transitoria, que sugiere una lesión del hemisferio izquierdo, pero sin ser éste dominante.

2.- Zurdos: 65% con o sin afasia transitoria más hemiplejía derecha, que sugiere una lesión del hemisferio izquierdo, sin ser este el dominante. El 35% con afasia permanente más hemiplejía izquierda, que sugiere una lesión del hemisferio derecho, siendo éste el dominante.

Satz (1980), revisa los trabajos realizados hasta entonces sobre las afasias en los zurdos, inclinándose a pensar que una gran proporción de zurdos tienen una representación bilateral para el lenguaje, determinando que los trastornos afásicos, cuando hay lesión hemisférica unilateral, es más frecuente en zurdos que en diestros, porque el 40% de zurdos tienen representación bilateral del habla.

Hecaen y cols. (1981), comparando el síndrome del hemisferio izquierdo de diestros y zurdos, así como el síndrome del hemisferio derecho, se inclina, también, a favor de que los zurdos poseen una menor especialización hemisférica o, dicho de otra manera, presentan una mayor ambilateralidad cerebral que los diestros. También aparece una disociación entre la manualidad, la representación de los procesos verbales y la de los procesos espaciales, sin ser la preferencia manual un elemento determinante en el diagnóstico de la dominancia cerebral en los zurdos, pero sí en los diestros.

Los estudios de afasia consecuentes a una lesión cerebral unilateral en los zurdos indican que las funciones verbales están más a menudo representadas bilateralmente en los zurdos que en los diestros (Hecaen y Sauguet, 1971) y esas funciones están representadas más difusamente dentro de cada hemisferio (Hecaen y cols., 1981).

Como conclusión de este punto podemos decir que la localización de la representación del lenguaje es difícil porque el lenguaje se compone de múltiples componentes que pueden estar localizados diferentemente. Aunque el lugar de dominancia más común entre los diestros es el hemisferio izquierdo para la destreza, expresión del lenguaje y comprensión, en los zurdos la localización de la destreza debe estar separada de la del lenguaje o expresión del lenguaje y comprensión (Naeser y Borod, 1986).

6.1.2. Otros estudios

De entre los estudios que se han realizado en los zurdos para determinar su dominancia cerebral, aparte de los realizados en sujetos con lesión cerebral unilateral citados anteriormente, podemos destacar los realizados mediante:

1.- Test de Wada:

Los estudios realizados con esta técnica por Milner y cols. (1964), encontraron que 2/3 de los pacientes con lesión precoz del hemisferio izquierdo tenían el hemisferio derecho dominante para el habla, mientras que 2/3 sin lesión precoz tenían el hemisferio izquierdo dominante para el lenguaje. Este estudio demostró la evidencia de un cambio en la dominancia del lenguaje asociada con un posible cambio de la preferencia manual como resultado de un trauma precoz en el hemisferio izquierdo.

Rasmussen y Milner (1977), realizan estudios para localizar el centro del habla en los zurdos y en los diestros, encontrando los siguientes resultados:

Zurdos 70% dominancia del hemisferio izquierdo para el habla.
15% dominancia del hemisferio derecho.
15% representación bilateral.

Diestros 96% dominancia del hemisferio izquierdo para el habla.
4% dominancia del hemisferio derecho.

Sin embargo, si los sujetos habían sufrido una lesión cerebral en edades tempranas, los resultados eran los siguientes:

Zurdos 30% dominancia del hemisferio izquierdo para el habla.
15% dominancia del hemisferio derecho.
19% representación bilateral.

Diestros 81% dominancia del hemisferio izquierdo para el habla.
13% dominancia del hemisferio derecho.
6% representación bilateral.

Strauss y Wada (1983), encontraron que los pacientes con lenguaje en el hemisferio derecho tendían a mostrar evidencia de disfunción precoz del hemisferio izquierdo.

2.- Terapia Electroconvulsiva Unilateral (T.E.C.):

Esta técnica se empezó a utilizar en el tratamiento de la depresión y viendo que a los pacientes se les producía una disfasia transitoria, se comenzó a investigar con ella en el campo de la dominancia cerebral.

Los hallazgos de estudios utilizando esta técnica son similares a los encontrados con la técnica del amital sódico, de tal forma que el 94% de los diestros y un 71% de los zurdos tienen representado el lenguaje en el hemisferio izquierdo (Warrington y Prat, 1973; Kopelman, 1982).

3.- Escucha Dicótica y Campo Visual Dividido:

Son técnicas no invasivas que, como ya hemos señalado en el punto 5.2.2., se pueden utilizar en sujetos normales con el cerebro intacto.

En relación con estas dos técnicas se han realizado numerosas revisiones (Curry y Rutherford, 1967; Hiks y Kinsbourne, 1978; Annett, 1982; Segalowitz y Bryden, 1983). Los resultados indican que los sujetos diestros poseen una mayor lateralización del hemicampo visual o del oído; y por tanto, una mayor asimetría.

Annett (1982), utilizando la técnica de campo visual dividido, ha encontrado que en los zurdos hay menores diferencias entre hemicampos que en los diestros. Para corroborar esta hipótesis de bilateralidad, es necesario estudiar las diferencias individuales realizando análisis de varianza entre grupos para, de esta forma, saber si los resultados de los zurdos se neutralizan más por superioridad dividida entre hemicampos u obedecen a un procesamiento hemisférico menos asimétrico. También encontró que el 22-28% de los sujetos diestros no mostraban ventaja del hemicampo visual derecho en estudios taquistoscópicos.

Blumstein y cols. (1975), realizan estudios con escucha dicótica, encontrando que los sujetos con el hemisferio izquierdo dominante para el habla, tanto diestros como zurdos, presentaban una menor ventaja del oído dominante, en comparación con los resultados obtenidos mediante el test de Wada o la T.E.C.. Esto se puede entender como que a la escucha dicótica le falta fiabilidad, ya que varía mucho de una aplicación a otra, o como señalan Bradshaw y Nettleton (1983), con estos diferentes tipos de tests se están midiendo cosas diferentes.

Una incógnita que surge después de analizar los estudios anteriores, es si los zurdos están menos lateralizados, es decir, son más bilaterales en su habla que los diestros, o bien, si estando tan lateralizados como ellos tienen una dirección diferente de lateralización.

La solución a esta incógnita puede entresacarse de los estudios de Bradshaw y Nettleton (1983), quienes determinaron que, en unas ocasiones los zurdos tienen una dirección opuesta a su lateralización y en otros presentan una mayor bilateralización.

6.2. DETERMINACION DE LA PREFERENCIA MANUAL

Esta determinación se ha llevado a cabo de diversas formas, entre las más importantes y extendidas señalaremos:

- Los tests de lateralidad.
- Los dibujos de perfiles humanos.
- La postura de la mano de escribir.
- La mímica manual.

6.2.1. Los tests de lateralidad

Los mejores medios para reconocer el predominio diestro o zurdo de una persona son los indirectos; ellos constituyen los denominados **tests de lateralidad**, pruebas mediante las cuales se descubre el predominio lateral de una persona. Ahora bien, el resultado de una sola de estas pruebas nos puede llevar a confusión, y por eso se acostumbra formar una batería, o una serie de pruebas (Wernicke, 1987).

Los tests de lateralidad consisten en una serie de preguntas escritas o ejercicios, que hacen referencia a la preferencia manual de los sujetos para el desarrollo de una serie de actividades unimanuales, estableciéndose tres categorías: diestros, zurdos y ambidextros.

A través de estos tests se intenta obtener un índice de lateralidad para cada sujeto. Este índice sería el que marcaría la dirección y la fuerza de su manualidad (se entiende por fuerza de lateralidad manual, a la preferencia por el uso de una mano u otra cuando el sujeto tiene que realizar una actividad manual).

Los tests más utilizados son el de Crovitz y Zener (1962), el de Levy (1969), el de Annett (1970b), el de Edimburgo (Oldfield, 1971), el de Bryden (1977) y el de Harris (1978).

Uno de los problemas de los tests es determinar su fiabilidad y validez. Para ello se ha intentado comprobar la concordancia entre los resultados de los tests y la ejecución de las actividades en ellos reflejadas, así como la correlación test-retest con un intervalo de un mes entre ambas pruebas.

Los estudios de Coren y Porac (1978), y Coren y cols. (1979), han ampliado la comprobación de la concordancia cuestionario - ejecución; estudiando, además de la preferencia manual, la preferencia del ojo, pie y oído; constatando una concordancia del 90% que garantiza la fiabilidad y validez de los cuestionarios.

6.2.2. Dibujos de perfiles humanos

Esta prueba fue desarrollada por Grovitz (1962). Se basa en que el sujeto diestro, cuando se le manda dibujar en un papel un rostro humano de perfil con la mano derecha, lo dibuja con el perfil mirando a la izquierda; si al mismo sujeto se le dice que dibuje el mismo rostro, pero ahora con la mano izquierda, lo dibuja con el perfil mirando a la derecha. Sin embargo los zurdos no tienen una regla fija.

Grovitz, también observó que en los diestros la mano derecha es sinistrógira (gira al contrario de las agujas del reloj) y la izquierda dextrógira (gira en favor del movimiento de las agujas del reloj), mientras que en los zurdos ocurre lo contrario, la mano izquierda es sinistrógira y la derecha dextrógira.

6.2.3. La postura de la mano al escribir

Esta prueba se basa en la distinta forma que tienen los zurdos para escribir, en relación con los diestros.

Levy y Reid (1976, 1978) descubrieron que algunos zurdos escribían con la mano invertida, con dos posturas distintas, unos lo hacían en posición de gancho, poniendo la punta del objeto con el que escribe sobre la línea de escribir y apuntando hacia abajo; y otros sitúan el objeto con el que escriben debajo de la línea de escritura y apuntando hacia arriba (esta segunda postura es similar a la de los diestros).

La importancia de la postura de la mano radica en que nos proporciona información del hemisferio que está controlando el lenguaje en el sujeto, lo que no sólo ocurre a los auténticos zurdos, sino también a los zurdos corregidos por la educación.

La mano en gancho significa que el hemisferio del habla es ipsilateral a la mano que escribe.

Los estudios que apoyan esta interpretación son taquistoscópicos, encontrando que los zurdos que escriben en gancho presentan una superioridad del hemicampo visual derecho para sílabas y del hemicampo visual izquierdo para la tarea espacial, resultados similares a los obtenidos en los diestros con postura manual no invertida.

Sólo los trabajos de Smith y Moscovitch (1979), han corroborado los resultados de Levy y Reid con pruebas taquistoscópicas de tareas verbales. Los estudios de escucha dicótica no han aportado nada, puesto que no encuentran diferencias y muchos autores como Springer y Deutsch (1981), Annett (1982) y Beaumont (1983), no confían o dudan de esta prueba.

6.2.4. La mímica manual

Esta prueba surgió tras los estudios de Kimura (1973b), al mostrar que los movimientos libres y expresivos de las manos, cuando una persona habla, reflejan la dominancia cerebral.

El método que utilizó Kimura fue relacionar la preferencia mímica de las manos con la superioridad de reconocimiento de palabras que por cada uno de los oídos tenían los sujetos.

En los diestros encontró que hacían los gestos y la mímica con la mano derecha y halló una correlación altamente significativa con el oído derecho para el reconocimiento de las palabras.

En zurdos encontró que no todos movían la mano izquierda cuando hablaban; pero, eso sí, los que presentaron una superioridad del oído izquierdo para el reconocimiento de las palabras, movían preferentemente la mano izquierda. Sin embargo los zurdos que presentaban superioridad por el oído derecho, movían ambas manos por igual.

6.3. HISTORIA FAMILIAR Y ZURDERA

La definición de zurdera familiar tiene un carácter provisional, ya que los estudios genéticos de zurdera no han llegado a ofrecer un modelo capaz de predecir la manualidad con precisión alguna. Se dice que la zurdera familiar es la presencia de la preferencia manual zurda al menos en tres miembros de una familia biológicamente relacionada, que alcanza al menos dos generaciones.

Uno de los primeros en incluir la variable de la historia familiar de zurdera fue Kennedy (1916), para explicar las afasias cruzadas (diestros que presentan afasia después de una lesión del hemisferio derecho).

Más tarde Luria (1974) divide a los diestros en dos grupos, en relación con la historia familiar de zurdera, diestros puros y diestros con zurdera latente. Hecaen y Albert (1978), utilizando también esta variable, dividen a los zurdos en dos grupos: zurdos sin historia familiar de zurdera y zurdos con historia familiar de zurdera.

Hecaen y Sauguet (1971), realizaron un estudio en zurdos con lesión cerebral unilateral, en el que se tuvo en cuenta la presencia o ausencia de historia familiar de zurdera. El resultado fue que los zurdos con historia familiar de zurdera poseen ambilateralidad cerebral, no mostrando diferencias significativas entre los que tenían la lesión en el hemisferio derecho y los que la tenían en el izquierdo; y los zurdos sin historia familiar de zurdera presentaron diferencias significativas, dependiendo del hemisferio dañado.

Hecaen y Albert (1978), reflexionando sobre esta variable y su incidencia en la organización cerebral de los zurdos, proponen que la organización cerebral para las funciones conductuales en zurdos con historia familiar de zurdera es bihemisférica y estos tienen menos focalidad que el grupo de zurdos sin historia familiar o el de diestros.

Pronto surgen modelos sobre asimetría cerebral teniendo en cuenta la historia familiar de zurdera como los de Levy (1969), Beaumont (1974) y Hardyck (1977).

Uno de los modelos propuestos, de especial relevancia por considerar la variable de manualidad familiar como fundamental en las diferencias del funcionamiento cerebral, fue el de Hardyck (1977). Este modelo propone que la especialización hemisférica humana está organizada en un continuum que va desde una organización en la que cada hemisferio está altamente especializado para realizar por sí mismo actividades particulares de procesamiento, a un sistema organizativo donde cada hemisferio tiene capacidades múltiples de procesamiento.

Según este modelo, los extremos estarían representados por un lado, por los diestros sin historia familiar de zurdera, que representan la lateralización extrema; y por el otro, por los zurdos con historia familiar de zurdera, que representan el extremo de organización bilateral múltiple. Los otros grupos se encuentran entre estos dos.

Los estudios que se han realizado para corroborar este modelo han sido de todo tipo, desde las comisurotomías, hasta quizá, el más utilizado hoy en día, los estudios taquistoscópicos, entre los que podemos destacar los trabajos de Bradshaw y Nettleton (1981), Annett (1982), Beaumont (1983) y Manga y Fournier (1985).

6.4. ESTUDIOS SOBRE EL TIEMPO DE REACCION

El tiempo de reacción se define tradicionalmente como el tiempo transcurrido entre el inicio de un estímulo elicitador y el inicio de la respuesta solicitada al sujeto (Brebner y Welford, 1980).

El tiempo de reacción es medido de la manera siguiente: el inicio del estímulo elicitador coincide con la puesta en marcha de un cronómetro que no para hasta que el sujeto emite la respuesta. Esta respuesta puede consistir en apretar un botón, una palanca, una plataforma, o por contra, dejar de ejercer presión sobre estos objetos.

El estímulo elicitador suele ser un sonido o una luz, aunque también se ha medido el tiempo de reacción con otros estímulos sensoriales como el gusto, el tacto, etc.

El tiempo de reacción como variable dependiente se puede estudiar desde dos perspectivas bien diferenciadas:

- Como índice de realización o ejecución.
- Como índice de la complejidad del proceso interno implicado en un resultado particular.

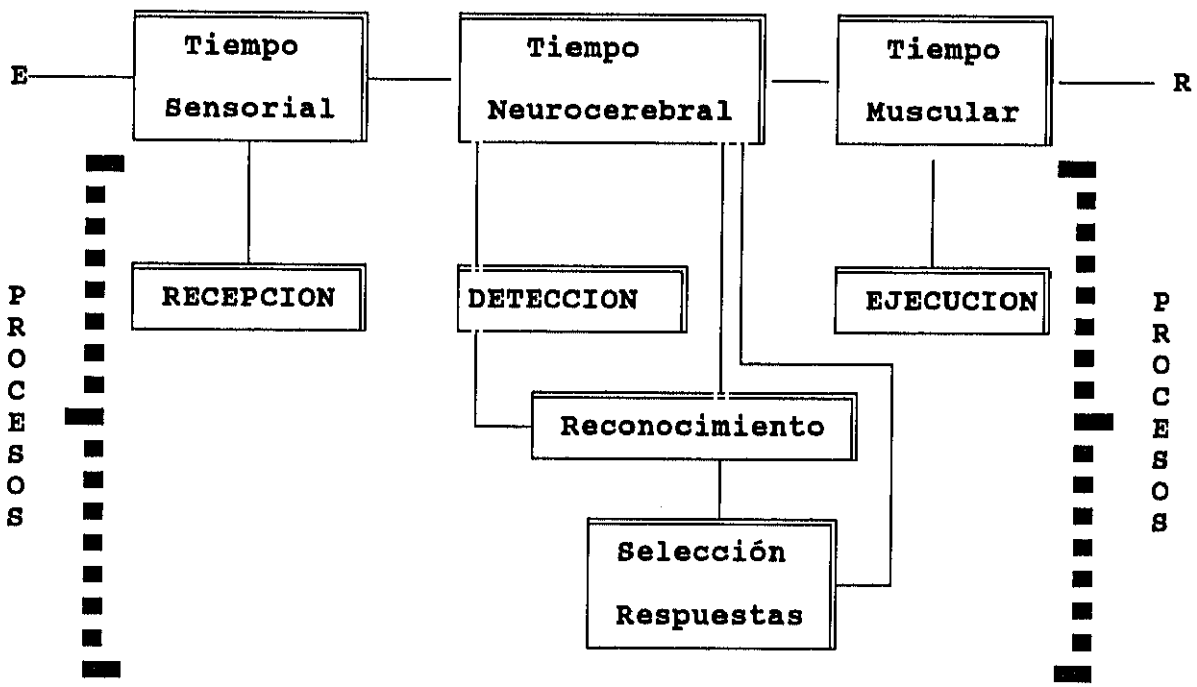
El tiempo de reacción más simple comprende, según Ato (1984), al menos tres componentes (ver figura 7):

1.- Un tiempo sensorial (recepción del estímulo en la modalidad correspondiente del sistema nervioso periférico y transducción de la información).

2.- Un tiempo neurocerebral (que corresponde a la conducción de la información al sistema nervioso central, por medio del nervio aferente, donde tiene lugar el procesamiento ulterior: detección del estímulo, reconocimiento y selección de una respuesta del repertorio particular del individuo).

3.- Un tiempo muscular (que corresponde con la acción del efector, osea, cuando se produce la contracción muscular necesaria para ejecutar la respuesta seleccionada).

Figura 7: Esquema de la composición del tiempo de reacción.



Con la incorporación de nuevos instrumentos más precisos, se pudieron diferenciar dos fases dentro del tiempo de reacción (Botwinick y Thompson, 1966):

a) **Fase premotora**, que sería el tiempo transcurrido entre el inicio del estímulo elicitador y el inicio de la respuesta miográfica.

Wood (1977), utilizando un registro de medianas de los potenciales evocados en la zona visual del cerebro y otro en la zona motora, obtuvo tres dimensiones en las que se puede dividir esta fase:

1.- La primera correspondería al tiempo de reacción del estímulo elicitador y la aparición de la onda en la zona visual del córtex.

2.- La segunda se correspondería con el tiempo de integración optomotora, que corresponde al transcurrido entre la recepción en el córtex visual y la aparición de la onda en el córtex motor.

3.- El tercero se correspondería con el tiempo de transmisión del impulso motor al músculo implicado.

b) **Fase motora**, que correspondería al tiempo transcurrido desde el inicio de las respuesta miográfica hasta el acto de apretar el botón o cualquier otra forma de respuesta.

Debido al creciente uso de la medición de los tiempos de reacción; Pachella (1974), señala que en el contexto experimental los tiempos de reacción se utilizan de dos formas diferentes:

1.- Como variable dependiente para el estudio de problemas teóricos sustantivos.

2.- Para determinar los problemas teóricos y metodológicos derivados de su utilización.

Dentro del contexto experimental hay numerosos trabajos que han utilizado los tiempos de reacción, para determinar de una u otra manera la asimetría cerebral, en diestros y zurdos, usando para ello distintos estímulos. Entre los trabajos realizados mencionaremos los de:

Shefsky, Stenson y Miller (1980), quienes pidieron a los sujetos que indicaran, con una respuesta motora simple, la presencia o ausencia de una tarjeta de trigramas con consonantes, presentada unilateralmente. La sensibilidad perceptual fue significativamente más alta en el hemicampo visual derecho, independientemente de la mano de respuesta. El tiempo de reacción fue ligeramente más alto en el hemicampo izquierdo y con la mano izquierda. La tendencia de la respuesta no varió entre los hemicampos.

Manga, González, Moreno y Fournier (1984a), quienes realizaron en su trabajo cuatro experimentos de tiempos de reacción, con el fin de estudiar el efecto de la modalidad de respuesta frente a estímulos lateralizados, presentados taquistoscópicamente.

Los tres primeros experimentos requerían una respuesta manual y el cuarto una respuesta vocal. En el primero de los experimentos, que era bimanual, se exigía la elección por parte del sujeto de una de las manos para emitir la respuesta, apareciendo una superioridad de la mano derecha.

En el segundo, unimanual, se requería la elección de un dedo, permitiendo destacar el efecto de las respuestas compatibles para cada una de las manos.

El tercero, mostró las respuestas compatibles e incompatibles de ambas manos, sin competición entre las manos o los dedos. La inclinación del estímulo a la derecha fue superior a la inclinación a la izquierda, apareciendo como un efecto poderoso en interacción con la compatibilidad de respuesta.

En el cuarto experimento, cuya respuesta era vocal, se debilita este efecto al anularse la compatibilidad estímulo-respuesta.

Manga, Ballesteros y Fournier (1984b), realizan una investigación en la que revisan una serie de cuestiones sobre las asimetrías cerebrales en cerebros intactos, como son:

- La ventaja de los hemicampos visuales en tareas verbales y espaciales.

- La naturaleza de la especialización hemisférica.
- Las diferencias sexuales.

En función de esta revisión y midiendo los tiempos de reacción, realizaron experimentos de tarea verbal y espacial con el mismo material estimular presentado taquistoscópicamente según la técnica del campo visual dividido. También realizaron mediciones de precisión mediante recuerdo libre en memoria incidental.

Los resultados de sus experimentos fueron la aparición de un poderoso efecto de superioridad del hemicampo visual derecho en la tarea verbal sobre palabras; y la ventaja del hemicampo izquierdo en la tarea espacial sobre palabras, aunque este segundo resultado no fue significativamente tan alto como el primero.

Aparecieron diferencias significativas en los tiempos de reacción a favor de respuestas afirmativas sobre las negativas; y entre los sexos, sólo en recuerdo libre de tarea espacial, mostraron las mujeres mayor eficacia relativa del hemicampo visual derecho.

Manga y Fournier (1985), realizaron un nuevo experimento para el que establecieron tres grupos de sujetos en relación a su lateralidad manual y a los antecedentes familiares. Estos eran diestros familiares, diestros no familiares y zurdos - ambitextros.

Siguiendo el modelo de Hardyck, expuesto anteriormente en el punto 6.3., modificado ligeramente en el tercer grupo, se intentó probar la asimetría del procesamiento de estímulos inclinados 45 grados a la derecha o a la izquierda.

A los sujetos se les pidió que realizaran juicios de congruencia entre la inclinación del estímulo y una letra asociada que indicaba "derecha" o "izquierda", respondiendo sólo cuando éstas fueran congruentes y haciendolo con las dos manos a la vez.

Se midieron los tiempos de reacción a la congruencia, apareciendo diferencias significativamente superiores en el campo visual derecho.

Se elaboró también un índice de asimetría perceptual para cada grupo; viéndose que se cumplían las predicciones hechas por Hardyck de que los más lateralizados son los diestros familiares, seguidos de los no familiares y en último lugar y con un menor índice los zurdos y ambidextros.

El último trabajo que vamos a presentar, entronca muy directamente con nuestro trabajo experimental y ha sido llevado a cabo por Bruyer (1986), quien sugiere que las diferencias laterales en respuesta a la lateralización de los estímulos visuales, resultan de complejas interacciones entre tres factores principales:

- El factor anatómico (estructural), que lleva la relación ipsi-contralateral entre el hemicampo estimulado y la mano que responde; ello se manifiesta por una superioridad de la mano ipsilateral y refleja las conexiones neuroanatómicas.

- El factor espacial, que lleva la relación ipsi-contralateral entre el hemicampo estimulado y la modalidad de respuesta (botón apretado), manifestándose una superioridad de las respuestas producidas sobre el botón ipsilateral.

Estos dos primeros factores pueden disociarse empíricamente mediante el paradigma de las manos cruzadas.

- El factor hemisférico, que se manifiesta por las diferencias de ejecución en función del hemicampo estimulado.

En el primer experimento, los sujetos atienden a un solo estímulo y deben discriminar entre los dos hemicampos; en el segundo, los sujetos deben discriminar entre dos estímulos, cualquiera que fuera el hemicampo. Los resultados muestran la presencia del factor hemisférico en las dos situaciones experimentales y, la del factor espacial únicamente en la primera.

Antes de finalizar este apartado creemos de interés señalar otras variables estudiadas en relación con los tiempos de reacción. Estas son:

- La intensidad y la simultaneidad en la estimulación (Sage, 1977).
- La posición del estímulo con respecto al órgano sensorial (Underwood, 1976).
- La modalidad del órgano estimulado (Roca, 1980).
- El color de los ojos (Landers, Obermeier y Wolf, 1977).
- Las diferencias entre pies y manos (Annett y Annett, 1979), y entre manos entre sí (Bruyer, 1986).
- Las diferencias entre las extremidades dominantes y no dominantes (Roca, 1980).
- La edad y el sexo (Hodgkins, 1963; Clarkson y Kroll, 1978; Clarkson, 1978).
- El consumo de alcohol (McCarthy y Tong, 1980).
- La personalidad o patologías particulares, como muestran los estudios realizados por Brebner (1980), sobre extrovertidos e introvertidos.
- La incidencia de la competición (Crabbe y Johnson, 1979) y del refuerzo (Baumeister y Ward, 1967).
- El conocimiento de los resultados (Jeeves, 1961; Church y Camp, 1965).

La multiplicidad de variables estudiadas, puede ser considerada como un buen índice del interés despertado por los tiempos de reacción en distintas áreas de la fisiología, la psicología y el deporte. Por nuestra parte, pensamos que la investigación detallada en esta línea puede aportar conocimientos de gran valor para la mejora del rendimiento deportivo.

LATERALIDAD Y DEPORTE

7. LATERALIDAD Y DEPORTE

La influencia de la lateralidad en algunos deportes es indudable. Continuamente saltan noticias a la prensa sobre los distintos deportes donde encontramos que entre los deportistas de élite hay un gran porcentaje de zurdos, superando con mucho, la media de la población general.

Como ya se ha señalado, la media de zurdos en la población general es de alrededor del 10%; pues bien, si se miran las fotos referidas al esgrima que expone la revista deportiva italiana L'illustrazione dello Sport, aparecen 26 esgrimadores, de los cuales 9 son zurdos (lo que equivale a un 34,6%).

En 1980, de entre los 10 mejores clasificados, según la clasificación mundial de la esgrima, en la modalidad de florete masculino, 8 eran zurdos; lo que supone un 80%.

La Asociación Internacional de Tenistas Profesionales (ATP) en 1982, publica la clasificación de tenistas y de entre los 50 primeros clasificados, 9 son zurdos (18%).

El 14 de enero de 1986, el periódico español Diario 16, publica en sus páginas de deportes las fotos de los 10 primeros clasificados en el Grand-Prix 85, de entre los cuales 3 son zurdos (el 33,3%).

Ejemplos como estos podríamos encontrarlos frecuentemente en las páginas de las publicaciones sobre deporte. Sin embargo, aún siendo indudable el gran número de deportistas zurdos, tanto varones como mujeres, que incluso llegan a estar en la élite mundial (Azemar y cols., 1984), no se ha realizado una investigación sistemática de este hecho, aunque bien es cierto que en la última década están comenzando a aparecer trabajos con el fin de esclarecer este tema (Annett, 1985).

7.1. IMPLICACIONES GENERALES DE LA LATERALIDAD EN EL AMBITO DEPORTIVO

En este punto vamos hacer referencia a las invariantes y coordinaciones que influyen en el deporte, así como algunos comentarios generales sobre la implicación de la lateralidad en las distintas disciplinas deportivas.

Las Invariantes que influyen en el deporte, descritas entre otros autores por Knapp (1963), Matveiev (1977) y Platonov (1988), son:

1.- La colocación en el espacio.

2.- La definición del movimiento por la posición en el espacio.

3.- La influencia de la actitud o posición en el espacio en las acciones ulteriores del movimiento propio.

4.- La misma influencia respecto a la apreciación que hace el contrario del movimiento del zurdo.

5.- La frecuencia de desarrollos motrices, mayores en los movimientos realizados por diestros, al crear los zurdos unas condiciones "nuevas" de utilización del espacio de acción.

Las Coordinaciones serán:

1.- La visión de la iniciación del movimiento en el contrario, que nos dice mucho sobre el movimiento final del mismo; por tanto todo aquello " no previsto " perjudica la percepción.

2.- Los aprendizajes técnicos, que en buena medida están pensados para diestros (Starosta, 1989). Un zurdo, por tanto, tendrá alguna dificultad para aprender, a no ser que se cambien las técnicas.

La lateralización consiste en la aprehensión de la idea de derecha-izquierda, conocimiento éste que debe ser automatizado lo más tempranamente que sea posible. La automatización de la lateralización es necesaria e indispensable, ya que conforma la base de la orientación espacial (Tasset, 1987). Para la mejor compresión de la influencia de la lateralidad en el deporte vamos a agrupar los distintos deportes según sus características afines, comentando en cada grupo si influye o no la lateralidad y en caso de que influya, en qué influye más concretamente (Tasset, 1987).

De esta forma dividiremos los deportes en:

a.- Deportes Individuales: dentro de los cuales podemos distinguir:

1.- Deportes individuales de combate, como pueden ser: la lucha, el judo, el boxeo, el karate, etc...

En los que la lateralidad influye en:

- La distribución de la fuerza sobre el contrario.
- La precisión del golpe.
- La alteración de los esquemas de defensa.

2.- Deportes individuales, en los que se utiliza el espacio por medio de un móvil, como pueden ser: el tenis, la pelota en todas sus modalidades, el tenis de mesa, la esgrima, el badminton, etc.

En los que la lateralidad influye en:

- La determinación del espacio preciso y definido.
- La devolución del móvil por el adversario.
- La captación de la alta velocidad de movimiento del móvil.
- Las precisiones (efectos, etc...).
- La colocación del individuo en el espacio.

Mención aparte merecen las disciplinas cuyo objetivo es alcanzar un blanco con un equipo deportivo particular (tiro, arco, fusil, etc.), en los que parece ser importante la congruencia entre el ojo, la mano y el pie. (Porac y Coren, 1981).

3.- Deportes individuales en los que no parece influir la lateralidad, debido a su caráter simétrico (Belyaev, 1984), o influye sólo en el caso de bajo rendimiento por lateralidad contrariada inadvertida. Como son el atletismo en casi todas sus modalidades y la natación.

Otros deportes individuales que implican la utilización de un medio de locomoción como la vela, el piragüismo, el automovilismo, el ciclismo , el motociclismo, etc., quedarían en interrogante, ya que no se sabe claramente la influencia de la lateralidad en la práctica de los mismos, dependiendo el resultado deportivo de la aptitud del deportista para utilizar racionalmente fuerzas motrices externas (Platonov, 1988).

b.- Deportes Colectivos

Como pueden ser: el fútbol, balonmano, baloncesto, voleibol, rugby, waterpolo, etc...

En los que las causas de la influencia son:

1.- El espacio limitado.
2.- Las reglas de juego específicas.

3.- Las conductas motoras, que son de la mayor complejidad.

4.- El tipo de móvil utilizado para la práctica del deporte, como puede ser la forma de la pelota, el tamaño, etc..

5.- Tratamiento del móvil diferente, pie, mano, rebotar, golpear, arrastrar, etc...

6.- Las tácticas y estrategias definen y utilizan el espacio en función de las acciones individuales y de grupo. Por tanto, toda oposición a estas acciones no esperadas (tipo de movimiento, posición en el espacio, tratamiento del móvil de modo diferente al habitual) produce una desorientación en la acción colectiva.

7.- Las acciones individuales como: fintas, lenguajes simbólicos, metalenguajes motores, etc..., son alterados en cuanto a la percepción de los mismos por el contrario.

Podemos concluir este punto, diciendo que actualmente, se intenta provocar ambidextría de equipamiento sobre todo en los deportes colectivos, para ciertos movimientos "relativamente sencillos" como pueden ser los tiros y los pases simples; dado que generan gran ventaja una vez que se llega al ángulo o posición de tiro.

7.2. INVESTIGACIONES SOBRE LAS IMPLICACIONES DE LA LATERALIDAD EN EL DEPORTE

Dentro de las investigaciones realizadas sobre la influencia de la lateralidad en el deporte, una de las más complejas ha sido la realizada por Porac y Coren (1981), llevada a cabo con 1.084 atletas de 15 disciplinas. Estos investigadores comprobaron, mediante cuestionarios, la utilización de la preferencia manual (derecha o izquierda), el pie, y el ojo en las distintas actividades.

Los resultados que obtuvieron fueron:

1.- Que entre los deportistas hay tantos diestros como entre los no deportistas, pero en éstos últimos, es decir, los no deportistas, la dominancia es más consistente.

2.- Los deportistas prefieren utilizar la mano no dominante en algunas actividades, pareciendo ser el ambidextrismo, más que la zurdera acentuada, la característica más difundida entre los atletas.

A la vista de estos resultados, se podría establecer la hipótesis de que la actividad deportiva tiende a relacionarse con el uso de ambas manos y que por su naturaleza, el zurdo, al estar menos lateralizado, tiene ciertas ventajas con respecto a los diestros.

Para establecer esta hipótesis hay que tener en cuenta dos cosas; la primera, relativa al nivel de prestación alcanzado por el deportista; la segunda, referente al tipo de disciplina practicada. Resultados en esta línea fueron los obtenidos por Guiard (1982), quien en base a la determinación de la especificidad funcional de los zurdos y la lateralización hemisférica de funciones cognitivas, demuestra en deportistas de élite que los zurdos presentan un grado de lateralización más variable que los diestros y que en algunos deportes los zurdos pueden presentar un mayor nivel en la competición.

Otro singular estudio en una línea similar de trabajo a la de Porac y Coren, es el llevado a cabo por Salmaso, Rossi y Guadagni (1988), quienes analizaron el fenómeno de la zurdera en 24 disciplinas deportivas. Los resultados obtenidos destacan el hecho de que hubo un mayor número de deportistas que realizaban giros, preferentemente, hacia el lado izquierdo. Estos autores sugieren la hipótesis de que existe una ventaja neurofuncional en los deportistas zurdos.

Sin embargo, un interesante y reciente estudio de Wood y Aggleton (1989), sobre la influencia de la zurdera en deportes como el criket, tenis y fútbol, pone de manifiesto que la ventaja de la zurdera en la práctica deportiva depende del tipo de deporte practicado y por lo tanto la explicación del gran número de zurdos en algunos deportes se debe a las características intrínsecas de los mismos, más que a una supuesta ventaja neurológica de carácter global. En esta línea de trabajo Aggleton y Wood

(1990), realizaron un estudio sobre si los zurdos podían presentar alguna ventaja en deportes de carácter balístico, tales como billar, dardos, bolos y golf; llegando a la conclusión de que la zurdera no presenta ninguna ventaja para la práctica de estos deportes.

Parece ser que la tendencia a la utilización de ambas manos es muy evidente en el caso de los esgrimadores y tenistas (Mecacci, 1985), aunque Rossi y Salmaso (1985), en su estudio sobre deportistas que practican la esgrima, encuentran un predominio de zurdos respecto a la población general.

En estos dos deportes, al igual que en algunos otros, debe existir una precisa valoración tanto de la propia posición como de la del contrario en el espacio en un momento determinado, para que exista la respuesta adecuada.

Mecacci señala que " El sujeto lleva a cabo un análisis de dos cuerpos en movimiento en el espacio, calcula, por tanto, su velocidad; prevé la trayectoria y ajusta la posición de su cuerpo, efectuando los movimientos adecuados ". " Todas estas operaciones tienen lugar en fracciones de segundos y tal como nos sugieren los investigadores sobre la especialización hemisférica, el análisis espacio-tiempo de un objeto en movimiento es efectuado por el hemisferio cerebral derecho ". " Se trata pues, de un análisis del movimiento de un objeto en un espacio tridimensional que debe ser preciso (para lo cual el camino más breve para la transmisión de la ejecución motora es el más eficaz) ". (Mecacci, 1985, págs. 83-84).

El hemisferio derecho parece ser, por sus características visoespaciales, el mejor dotado para controlar los movimientos de los objetos en el espacio, elemento éste de esencial importancia en un buen número de actividades deportivas (Benton y cols., 1978; Garfield y Bennett, 1987; Hellige, 1990; Duerelle y Schonen, 1991). Por otro lado este hemisferio controla directamente la mano izquierda, y por tanto, la utilización de esta mano puede suponer ciertas ventajas para la práctica de deportes como el tenis y la esgrima; por contra la mano derecha recibe el programa motor elaborado por el

hemisferio derecho a través del hemisferio izquierdo, alargando así el tiempo de transmisión en algunas milésimas de segundo.

Por esto, los deportistas diestros tienden a utilizar la mano izquierda para compensar la desventaja y ello daría lugar al alto porcentaje de ambidextrismo, en algunas disciplinas.

Algunos trabajos confirman la ventaja del hemisferio derecho para la práctica deportiva; asi Rossi y Zani (1986), encontraron diferencias en la asimetría funcional hemisférica entre deportistas y sedentarios a la hora de realizar una tarea de percepción táctil. Estos investigadores confirmaron por un lado la hipótesis de Benton y cols. (1978), según la cual, existirían diferencias en el comportamiento del hemisferio derecho e izquierdo cuando se procesa información espacial, siendo más específico el hemisferio derecho para el procesamiento de dicha información. Por otro lado, y siguiendo la hipótesis de Benton y cols., encontraron que la mano izquierda era más precisa que la derecha a la hora de discriminar los estímulos de orientación táctil con la yema de los dedos, y además, los resultados mostraron que las diferencias que existían en el manejo de la información espacial entre los deportistas y sedentarios eran debidas al hemisferio derecho.

Chabris y Hamilton (1992), analizan la especialización hemisférica para la habilidad y organización perceptual en maestros del ajedrez (16 varones, diestros). Los resultados obtenidos fueron que el hemisferio derecho es superior al izquierdo para realizar jugadas de acuerdo a unas reglas determinadas, mientras que el izquierdo es superior en la reorganización de las piezas sin seguir reglas determinadas. La hipótesis que establecen a la vista de los resultados obtenidos es que el hemisferio derecho está más capacitado para adquirir y aplicar nuevas jugadas según las reglas y dentro de un contexto específico, siendo muy importante para la destreza en el ajedrez.

La cuestión se hace más compleja cuando se considera si la dominancia manual es congruente con la dominancia del ojo y del pie.

En los estudios de Porac y Coren (1981), se encontró que los jugadores de béisbol que tienen más posibilidades de éxito son los que tienen la mano y el ojo de distinta dominancia. Esto era especialmente relevante en los bateadores diestros. Se explica, porque el área izquierda del campo visual, que es por donde vendría la pelota, está controlada completamente por el ojo izquierdo y sólo parcialmente por el derecho, de manera que el bateador diestro con dominancia del ojo izquierdo tiene ventaja con respecto al diestro con dominancia del ojo derecho. Pero, por ejemplo, en otros deportes como el tiro o el tenis, tienen ventaja los deportistas que tienen congruencia entre la mano y el ojo.

Dunham (1989), investigó la coincidencia-anticipación en la ejecución de bateadores de beisbol. Para ello utilizó dos grupos de sujetos adolescentes, uno formado por 10 jugadores de beisbol y el otro formado por 10 sujetos no jugadores de beisbol. Los resultados indicaron que los jugadores no fueron más precisos que los no jugadores pero respondieron con mayor rapidez y con más seguridad. Respecto al ojo dominante, no parece que tuviera un efecto claro en la ejecución de la tarea.

Resultados similares a los de Porac y Coren fueron encontrados por Azémar y cols. (1984), quienes trabajando con 10 esgrimadores (5 zurdos y 5 diestros) en procesos centrales de control viso-motor, concluyeron que los sujetos que combinan una prevalencia ocular derecha y el uso de la mano izquierda parecen obtener mejores resultados en las tareas de detección visoespacial.

Belyaev (1984), observó durante la competición de saltadores que aproximadamente el 80% de los mismos utilizan la pierna izquierda para la realización del salto, llegando a la conclusión de que puede deberse a varios factores: bien por una imitación del profesor de educación física, bien por la influencia del entrenador en sus primeros niveles de aprendizaje del salto, o bien por las habilidades motoras innatas del deportista. Siguiendo esta línea de trabajo Friberg y Kvist (1988), analizan los factores determinantes de la pierna preferente para la realización del salto en deportistas que practican distintas modalidades de salto. La muestra estaba formada por dos grupos de

saltadores, uno con predominio de la pierna derecha y el otro con predominio de la pierna izquierda. Los resultados mostraron que existe una escasa correlación entre la lateralidad de la pierna preferida para el salto y la lateralidad manual.

Los datos expuestos parecen indicar que para la determinación de las diferencias respecto a la lateralidad en los deportistas, hay que tener en cuenta no sólo las diferencias individuales, sino también, y de forma muy importante, las características del deporte practicado, por lo que sería de gran interés el establecimiento de perfiles óptimos para cada uno de ellos. Creemos que la investigación en éste área podría generar importantes avances en la consecución de metas deportivas.

7.3. APLICACIONES DEL TIEMPO DE REACCION EN EL DEPORTE

Ya hemos hecho mención anteriormente a las variables que influyen sobre los tiempos de reacción; pudiendo decir, a la vista de las mismas, que los tiempos de reacción varían si se modifican las condiciones de presentación de la estimulación.

En la práctica deportiva, puede adoptarse el criterio de que para obtener un tiempo de reacción rápido es preciso que las respuestas o coordinaciones motoras estén bien aprendidas para que no presenten dificultad para el sujeto o deportista, a fín de controlar los posibles efectos sobre el tiempo de reacción (Roca, 1983).

Dentro de la multitud de deportes que existen, los conocimientos de tiempos de reacción se pueden aplicar a aquellos en los que exista una señal de alerta y a continuación se presente el estímulo elicitador (sonido de un silbato, un tiro, una luz ...), al que el individuo tiene que reaccionar con una repuesta preestablecida e invariable.

Reunen estas características, evidentemente, las salidas de atletismo y las salidas de las pruebas de natación.

En las pruebas de natación, los tiempos de reacción son más relevantes en la salida, cuando estas pruebas son distancias cortas (25 - 50 metros), ya que en distancias más largas se pueden compensar las centésimas de segundo ganadas en la salida.

Lo mismo ocurriría en las pruebas de atletismo que excedan de los 200 metros. Sin embargo, en las pruebas de distancias inferiores, ya sean de velocidad o vallas, los tiempos de reacción tienen un gran interés, puesto que se ha visto que existe una correlación muy alta entre el tiempo de reacción y la clasificación final de la prueba.

Los aspectos para los que se pueden aplicar los tiempos de reacción en las salidas de las pruebas atléticas, de distancias cortas pueden ser:

- Para crear expectativas sobre el momento de aparición del estímulo elicitador, que en estos casos, suele ser un disparo. Esto se basa en que de alguna forma los jueces de salida tienen como una especie de protocolo que hace que se comporten siempre de una manera similar, haciendo posible que el atleta pueda preveer el momento del disparo.

- Para tener en cuenta la entonación de la voz del juez cuando indica las fases de salida. Los jueces tienen una entonación y una temporización de voz especiales cuando indican las fases de salida y pueden presentar mayor o menor regularidad en cuanto a la relación entre la entonación, la temporización y el momento de ejecución del disparo.

Una vez indicados estos aspectos entre los que se establece una relación directa entre el juez y el atleta, podemos hablar de otros aspectos que pueden influir en las salidas de las pruebas de velocidad.

El primero de ellos sería la atención selectiva a la parte motora y premotora en las respuestas de reacción, que deriva de los estudios de Henry (1960). Los

entrenamientos, en este caso, deben dirigirse a conseguir la concentración adecuada en ambos componentes de la salida para lograr un mejor resultado.

El segundo, serían los aspectos emocionales y de activación de los atletas, sobre los que hay una gran expectación actualmente. Ejemplo de ello son los trabajos de Martens (1982), centrados en el stress ante la competición, donde se pone de manifiesto la relación entre factores emocionales y tiempo de reacción.

En estos últimos 5 años se ha fomentado el interés por el estudio de la influencia del tiempo de reacción en otros deportes, así McLeod (1987), estudia el tiempo de reacción visual en jugadores internacionales de criket y en no jugadores, concluyendo que los jugadores no presentan diferencias, respecto a los no jugadores, en cuanto a la velocidad de ejecución del sistema perceptual, pero si en cuanto a la organización del sistema motor, donde los jugadores presentaron una mayor organización del mismo.

Stulrajter (1987), mide el tiempo de reacción ante situaciones específicas en varones y mujeres deportistas que practican la esgrima, llegando a la conclusión de que la variabilidad del tiempo de reacción bajo condiciones específicas deportivas es una medida válida de ejecución deportiva y además puede servir para determinar los efectos de distintos sistemas de entrenamiento sobre la práctica de la esgrima.

Proteau y cols. (1989), proponen un estudio con la intención de evaluar la calidad de una respuesta motora para diferentes niveles de expectación y tiempo de ejecución, en dos tareas seleccionadas de coincidencia-anticipación. La conclusión a la que llegaron fue que para que las tareas utilizadas tuvieran una influencia en los procesos de decisión (y por lo tanto disminuyera el tiempo de reacción) durante la actividad deportiva, tienen que estar relacionadas con situaciones deportivas reales.

Harmenberg y cols. (1991), comparan diferentes tests de ejecución para la práctica de la esgrima. Utilizaron tres procedimientos distintos para analizar la

ejecución de la esgrima en dos grupos de sujetos, uno formado por parte de los componenetes del equipo nacional sueco de esgrima, y el otro formado por principiantes. Como medida emplearon el tiempo de reacción a distintos estímulos. El test 1 medía la ejecución del ataque como respuesta a una luz. Los tests 2 y 3 medían movimientos más complejos de esgrima como respuesta a una mayor igualdad de estímulo. Los resultados mostraron que el test 3, pero no el 1 y 2, podría diferenciar al grupo del equipo nacional de los principiantes; y el tiempo de reacción en el test 3 correlacionaba significativamente con el éxito en la competición dentro del grupo de los esgrimadores del equipo nacional.

7.4. LA UTILIZACION DE LA ELECTROENCEFALOGRAFIA CONVENCIONAL, LOS POTENCIALES EVOCADOS Y LA CARTOGRAFIA CEREBRAL EN EL AMBITO DEPORTIVO

Muy pocos son los trabajos que implican la utilización de la electroencefalografía convencional, potenciales evocados y catografía cerebral en el ámbito deportivo. De la revisión realizada de los 10 últimos años podemos destacar los siguientes:

7.4.1. Electroencefalografía convencional

Wilson y cols. (1985), evaluaron las habilidades atencionales en varones deportistas que practican el voleibol. Investigaron el poder de discriminación de cuestionarios de auto registro e instrumentación fisiológica para distinguir entre deportistas identificados como bien o mal concentrados. Los jugadores completaron el test de atención y estilo interpersonal (TAIS) que mide la extensión y dirección de la atención y se les registró la frecuencia y amplitud del EEG en el hemisferio izquierdo durante una evaluación de stress. Los análisis de varianza indicaron que los resultados del test atencional y la frecuencia del EEG era diferente entre los bien y mal

concentrados. Los bien concentrados parecen tener un mayor nivel de atención y una mayor habilidad para mantener un estado de relajación cerebral que los mal concentrados.

Landers y cols. (1991), estudiaron si el entrenamiento con biofeedback electrocortical podría mejorar la ejecución en los arqueros pre-élites así como las medidas de autorregistro de concentración y autoconfianza. La investigación se realizó con 16 arqueros varones y 8 mujeres que fueros asignados al azar para la realización de una de las tres siguientes condiciones: (a) correcto feedback (mayor en el hemisferio izquierdo y con baja frecuencia de actividad); (b) incorrecto feedback (mayor en el hemisferio derecho y con baja frecuencia de actividad) y (c) grupo control en el que no se suministró feedback.

Los análisis indicaron que sólo la medida de ejecución fue significativa. El grupo con feedback correcto mejoró significativamente su ejecución, mientras que el grupo con feedback incorrecto mostró una disminución significativa de la ejecución tanto en el pre como en el postest. El grupo control no mostró diferencias significativas en la ejecución ni en el pre ni en el postest.

Por otro lado, los análisis del EEG mostraron diferencias sólo en el grupo con feedback incorrecto. En conjunto, estos resultados suponen un apoyo al estudio de la relación entre actividad cerebral y ejecución motora, mediante EEG.

Collins y cols. (1991), analizaron las variaciones de la banda alfa ante la ejecución de tres tareas con diferentes requerimientos de esfuerzo y precisión, en un grupo de karatecas. Este estudio trató de investigar los cambios en la actividad alfa observados en un primer estudio en el cual la banda alfa se incrementaba en tareas previas al entrenamiento. En contraste con la primera investigación, una tarea que suponía para el deportista un gran esfuerzo produjo una disminución significativa de la potencia alfa previa a la ejecución de la misma. La potencia alfa previa a la tarea de alta precisión mostró diferencias significativas mediatizadas por el resultdo, de tal

forma que las ejecuciones correctas eran precedidas por unos niveles más altos de la potencia alfa.

7.4.2. Potenciales evocados

Gioux y cols. (1984), relacionaron los potenciales cognitivos con la destreza en deportes. Para ello examinaron la relación entre la actividad electrocortical y el entrenamiento deportivo, usando para ello una muestra de 81 sujetos divididos en cuatro grupos en base a sus niveles de actividad deportiva. El primer grupo estaba formado por 27 sujetos que realizaban poca actividad deportiva, este grupo fue utilizado como control. El segundo grupo estaba formado por 31 sujetos con una intensa actividad deportiva y que además practicaban distintos deportes, este grupo fue dividido en dos subgrupos (2 y 3). El cuarto grupo estaba formado por 23 sujetos que presentaban un alto nivel de competición y una actividad deportiva muy intensa. La actividad electrocortical fue registrada automáticamente en periodos de 45 minutos para cada sujeto y bajo condiciones experimentales activas y pasivas.

Los resultados obtenidos indican que la actividad electrocortical está relacionada con la adquisición de la destreza. Los deportistas presentaron un aumento de las bajas frecuencias del EEG y una alta variación contingente negativa. Los datos sugieren que los potenciales evocados pueden ser útiles para realizar una aproximación neurométrica y pueden proporcionar un indicador de cambios en la plasticidad cerebral subordinados al aprendizaje de una destreza motora.

Nishihira y cols. (1990), investigaron la supresión de los potenciales evocados que preceden al movimiento de reacción rápido, en una muestra de deportistas. La investigación mostró que las amplitudes de los potenciales evocados cerebrales se incrementaron en C3 y CZ durante los intervalos con estímulos de aviso imperativos. Sin embargo, cuando se precedía de un movimiento rápido las amplitudes de los potenciales evocados disminuían en C3 y CZ. En este experimento no parece que

ningún mecanismo periférico juegue un papel en el movimiento rápido. Por esto los autores de este trabajo concluyeron que la disminución de los potenciales cerebrales precedidos por un movimiento rápido puede ser debida a un mecanismo central independiente de la información aferente.

Delpont y cols. (1991), estudiaron las variaciones de los potenciales evocados producidas por la actividad física. Para ello utilizaron tres grupos de sujetos, uno formado por deportistas que practicaban el tenis, otro por remeros y el tercero formado por sujetos sedentarios (grupo control). Los tenistas mostraron latencias más cortas P100 cuando se compararon con los sedentarios y los remeros. La hipótesis sugiere que existe una relación entre las latencias más cortas y las cualidades específicas de los jugadores de tenis. En un segundo experimento, que realizaron con jugadores de squash se confirmaron estos primeros resultados.

7.4.3. Cartografía cerebral

Martinez de Haro y cols. (1988), realizaron un análisis espectral electroencefalográfico en deportitas. La muestra estaba formada por varones distribuidos en dos grupos: deportistas y no deportistas (grupo control). Los resultados mostraron que en el grupo de deportistas, respecto al de control, presentaba una banda alfa rápida en las regiones occipitales y en situación de ojos cerrados, cuyo pico de máxima energía estaba desplazado hacia frecuencias más rápidas, y menor potencia relativa en dicha banda. Todo ello correlacionable con un estado de mayor activación psíquica.

Martinez de Haro (1990), investigó los cambios en la actividad cerebral inducidos a través de la práctica deportiva, utilizando para ello la técnica de cartografía cerebral. La muestra estaba compuesta por sujetos varones, diestros, divididos en tres grupos: deportistas entrenados, deportistas no entrenados y no deportistas (grupo control). Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Los mapas medios en la situación de ojos cerrados evaluados a través de la potencia de las bandas alfa y beta, muestran la existencia de un menor grado de activación cerebral basal en controles que en deportistas entrenados y no entrenados.

- La dominancia hemisférica, evaluada a través de la simetría de la banda alfa en ojos cerrados, muestra un menor grado de lateralización en deportistas entrenados que en controles y deportistas no entrenados, lo que sugeriría que la práctica intensiva del deporte reduce los niveles de dominancia hemisférica.

- Los mapas medios en situación de ojos abiertos y visualización de una imagen compleja induce tanto en los dos grupos de deportistas como en los controles cambios similares, explicables por la falta de especificidad de las tareas.

- Respecto a la tarea de cálculo, los mapas medios no muestran la existencia de diferencias significativas en la reactividad y estrategia hemisférica de los diferentes grupos.

- La tarea de relajación ideomotriz induce mayores cambios sobre el hemisferio derecho en deportistas entrenados, lo que reflejaría que la imagen del sujeto practicando su deporte tendería a localizarse en el hemisferio derecho; en tanto que, en los sujetos controles la imaginación de la manipulación de un objeto induce un menor grado de activación, que se refleja únicamente en los cambios de la banda alfa, dándose esta activación preferentemente en el hemisferio dominante, que en este caso es el izquierdo.

Brenton y cols. (1991), estudiaron a través de los potenciales evocados auditivos la atención y el reflejo de orientación en boxeadores antes y después del combate. Este estudio no encontró ninguna anormalidad en los procesos de atención y detección. Sin embargo, observaron un ligero déficit en el reflejo de orientación hacia el estímulo presentado por el oído derecho, siendo explicado por la existencia de un mayor número de golpes dados en el lado izquierdo de la cabeza.

Pensamos que estos estudios abren una vía prometedora hacia el mayor conocimiento de las relaciones entre actividad cerebral y práctica deportiva; si bien, su escaso número y la dispersión de los objetivos perseguidos, hacen que los resultados sean aún poco concluyentes y no siempre relevantes.

PARTE II:

ESTUDIO MEDIANTE

CARTOGRAFIA CEREBRAL

ESTUDIO EXPERIMENTAL

8.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

Como anteriormente hemos señalado, en la actualidad se considera que la influencia de la lateralidad en algunos deportes es indudable. Sin embargo las relaciones existentes entre lateralidad y deporte distan mucho, aún, de estar bien establecidas. Creemos que un mejor conocimiento de ellas sería de gran utilidad no sólo desde el punto de vista de la investigación básica, sino también con vistas a la mejora de los programas de entrenamiento y rendimiento deportivo.

Los objetivos de nuestra investigación abarcan el estudio de la actividad eléctrica cerebral, la hemisfericidad y los tiempos de reacción periférica, empleando para ello sujetos deportistas y sedentarios, así como diestros y zurdos.

En primer lugar, deseamos comprobar si existen diferencias en la actividad eléctrica cerebral entre deportistas y sedentarios, incluyéndose en ambos grupos igual porcentaje de sujetos diestros y zurdos, y de ambos sexos.

En segundo lugar, pretendemos conocer las diferencias en la actividad eléctrica cerebral entre sujetos diestros y zurdos, manteniendo constante el porcentaje de deportistas y sedentarios, y de mujeres y varones.

Nuestro tercer objetivo es el estudio de la interacción entre estas dos variables, lateralidad y práctica deportiva.

El cuarto objetivo es determinar las diferencias hemisféricos existentes entre cada uno de los cuatro grupos que componen la muestra total, deportistas diestros, deportistas zurdos, sedentarios diestros y sedentarios zurdos.

Por último, pretendemos también estudiar las diferencias en el tiempo de reacción entre los cuatro grupos mencionados.

Para ello hemos utilizado registro electroencefalográfico (E.E.G.) y de potenciales evocados (P.E.) computerizado con vistas a la obtención de mapas cerebrales, a la vez que se ha medido el tiempo de reacción (T.R.), en la forma en que más adelante se detalla.

8.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dada la multiplicidad de objetivos, expuestos en el punto anterior, nos encontramos con varios problemas a los que nuestra investigación intenta dar solución.

El primero se centra en la actividad deportiva. Queremos conocer las características de la actividad eléctrica cerebral de los sujetos deportistas y no deportistas ante distintas tareas. El problema quedaría planteado de la siguiente forma: "¿Existen diferencias en la activación cerebral de los sujetos deportistas y los sedentarios ante distintas tareas?".

El segundo problema hace referencia a las características de la actividad eléctrica cerebral en diestros y zurdos, y podría ser planteado de la siguiente forma: "¿Existen diferencias entre diestros y zurdos en cuanto a su activación cerebral ante distintas tareas?".

El tercero, referido a la interacción entre lateralidad y actividad deportiva, podemos expresarlo como: "¿Interactuan estas variables de modo que den lugar a diferencias en la activación cerebral en diversas tareas?".

El cuarto problema, referido a la hemisfericidad y planteado de modo general, sería: "¿Existen diferencias hemisféricas entre los grupos investigados en función de las distintas tareas?".

Por último, respecto a los TR, el problema planteado es: "¿Existen diferencias en los TR entre los grupos estudiados en la ejecución de las distintas tareas experimentales?".

8.3. HIPOTESIS

Partimos de las siguientes hipótesis de carácter general que hacen referencia a los distintos problemas planteados:

A. Respecto a la activación cortical:

1.- "Si sometemos a los distintos grupos (deportistas diestros, deportistas zurdos, sedentarios diestros, sedentarios zurdos) a una tarea de Lateralización Visual de Símbolos, entonces los sujetos deportistas mostrarán una mayor actividad cortical que los sedentarios. De la misma manera, los zurdos mostrarán una mayor actividad cortical que los diestros y el grupo de deportistas zurdos se mostrará como el de mayor activación".

2.- "Si sometemos a los distintos grupos mencionados a una tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento, entonces los sujetos deportistas mostrarán una mayor actividad cortical que los sedentarios. Del mismo modo, los zurdos presentarán mayor actividad que los diestros y el grupo de deportistas zurdos se mostrará como el más activado".

B. Respecto a la Hemisfericidad:

Se han seleccionado dos tareas experimentales que incluyen estímulos visuales. En la primera, los estímulos visuales aparecen en distintos lugares de la pantalla y suponen por parte del sujeto un esfuerzo de discriminación. En la segunda, los estímulos visuales siguen un movimiento contínuo con velocidades distintas. Tanto la tarea de discriminación como la tarea de estímulos visuales en movimiento implicarían un predominio del hemisferio izquierdo sobre el derecho.

Con el fin de comprobar estos supuestos de partida, planteamos las siguientes hipótesis:

3.- "Si sometemos a los distintos grupos a una tarea de Lateralización Visual de Símbolos, entonces todos ellos mostrarán una mayor actividad eléctrica cortical en el hemisferio izquierdo".

4.- "Si sometemos a los distintos grupos a una área de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento, entonces todos ellos presentarán una mayor actividad eléctrica cortical en el hemisferio izquierdo.

C. Respecto al Tiempo de Reacción:

Antes de establecer las hipótesis debemos señalar que hemos utilizado en las dos tareas el tiempo medio (T.M.) de reacción, incluyendo además en la primera tarea (Lateralización Visual de Símbolos) tiempos medios de reacción para el ojo derecho y para el ojo izquierdo, y como medida complementaria de los T.R., un registro de precisión basado en el número de errores cometidos durante la ejecución.

Una vez aclarados estos aspectos pasaremos a establecer nuestras hipótesis:

5.- "Si sometemos a los distintos grupos a una tarea de Lateralización Visual de Símbolos, entonces los sujetos deportistas mostrarán un menor T.R. que los sedentarios".

6.- "Si sometemos a los distintos grupos a una tarea de Lateralización Visual de Símbolos, entonces los zurdos mostrarán un menor T.R. que los diestros".

7.- "Si sometemos a los distintos grupos a una tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento, entonces los menores T.R. (mayor precisión) los presentarán los sujetos deportistas".

8.- "Si sometemos a los distintos grupos a una tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento, entonces los sujetos zurdos mostrarán menores T.R. (mayor precisión) que los diestros."

Por último, y en relación con la medida complementaria de precisión (número de errores) en la tarea 1, no son esperables grandes diferencias entre grupos.

8.4. MUESTRA

La muestra total estaba formada por 60 sujetos de los cuales 50 son varones y 10 mujeres, de edades comprendidas entre 18 y 32 años , con su media en 21.9 años.

Todos los sujetos eran sanos y poseían vista normal o corregida a normal. Para que los sujetos pudiesen participar en nuestra investigación debían cumplir una serie de requisitos: no presentar patología neurológica previa, no tener antecedentes familiares de patología neurológica y no tomar fármacos activos sobre el sistema nervioso central.

La muestra total se dividió en 4 grupos; siguiendo un diseño factorial 2 x 2 y tomando como variables independientes la Actividad (deportistas-sedentarios) y la Lateralidad (diestros-zurdos).

1.- SEDENTARIOS DIESTROS: formado por 18 sujetos, de los cuales 15 eran varones y 3 mujeres, con edades comprendidas entre 19 y 32 años (M= 24.8).

2.- SEDENTARIOS ZURDOS: formado por 12 sujetos, de los cuales 10 eran varones y 2 mujeres, con edades comprendidas entre 18 y 28 años (M= 22.2).

3.- DEPORTISTAS DIESTROS: formado por 18 sujetos, de los cuales 15 eran varones y 3 mujeres, con edades comprendidas entre 18 y 24 años (M= 20.1). Los sujetos de este grupo practican uno de los siguientes deportes: Tenis, Esgrima o Judo; de tal manera que cada deporte es practicado por 5 varones y una mujer.

4.- DEPORTISTAS ZURDOS: formado por 12 sujetos, de los cuales 10 eran varones y 2 mujeres, con edades comprendidas entre 18 y 27 años (M= 22). Cada deporte (los mismos que en el grupo anterior) es practicado por 4 sujetos de este grupo (3 varones y una mujer), salvo la Esgrima que la practican 4 varones.

Todos los grupos estaban equiparados en cuanto al porcentaje de varones y mujeres y no existían diferencias significativas en cuanto a la edad.

La composición de la muestra total puede verse en la tabla 1.

Tabla 1: Composición de la muestra.

	SEDENTARIOS		DEPORTISTAS		TOTAL
	DIESTROS	ZURDOS	DIESTROS	ZURDOS	TOTAL
VARON	15	10	15	10	50
MUJER	3	2	3	2	10
TOTAL	18	12	18	12	60

Ninguno de los sujetos que componen la muestra había participado con anterioridad en experimentos similares.

Los deportes practicados por la muestra de deportistas, tanto diestros como zurdos son: tenis, judo y esgrima. Elegimos estos deportes por ser individuales y porque en ellos tiene una clara influencia la lateralidad del individuo (Knapp, 1963; Matveiev, 1977; Platonov, 1988), tal y como explicamos al hablar de las implicaciones generales de la lateralidad en el ámbito deportivo.

8.5. PROCEDIMIENTO

Para la inclusión de los sujetos en cada uno de los grupos se utilizaron los siguientes criterios:

1.- Grupo de sedentarios (Zurdos y Diestros):

- Los sujetos realizaron dos tests de lateralidad para adultos, el de Edimburgo, realizado por Oldfield (1971), que proporciona un índice entre + 100 (diestro puro) y - 100 (zurdo puro), y el de Dominancia Lateral de Harris (1978), que incluye el test ABC de Dominancia Ocular de Miles (1980), donde se analiza la dominancia lateral del ojo, mano y pié. El criterio para asignar a los sujetos al grupo de zurdos o diestros fué el de igualar o superar, en el test de Edimburgo, el +75% en el caso de los diestros y el -75%, en el caso de los zurdos; y en el de Dominancia Lateral de Harris, mostrar predominancia derecha en el caso de los diestros y predominancia izquierda en el caso de los zurdos.

- Durante los tres últimos años no haber efectuado ninguna actividad deportiva de manera habitual, o si practicase alguna, ésta no superase tres horas semanales.

2.- Grupo de deportistas (Zurdos y Diestros):

- Para asignar a los sujetos a este grupo se les aplicaron los mismos tests y criterios que en el caso del grupo sedentario.

- Durante los tres últimos años pertenecer a una Federación o Club Deportivo y entrenar un mínimo de 10 - 15 horas semanales.

Una vez seleccionados los sujetos fueron sometidos a sesiones individuales de registro. Después de unas instrucciones generales sobre el método y los objetivos que se pretendían conseguir, se colocaron los electrodos en el cuero cabelludo y se chequeó la impedancia. Cada canal se calibró y se dieron las instrucciones específicas para cada tarea.

8.5.1. Registro, Condiciones y Tareas Experimentales

Realizamos tres tipos de registros: Electroencefalográfico (EEG), Potenciales Evocados (PE) y Tiempo de Reacción (TR). Dentro del registro de EEG establecimos dos condiciones experimentales, realizándose el registro de PE y TR ante dos tareas diferentes.

REGISTRO ELECTROENCEFALOGRAFICO

Condición del ojos cerrados (OC): el sujeto estuvo con los ojos cerrados sentado en posición cómoda y relajada.

Condición de ojos abiertos (OA): al sujeto, manteniendo la misma posición que en la tarea anterior (OC), se le pidió que abriera los ojos y mantuviera fija la mirada en un punto determinado, evitando, en lo posible, el parpadeo.

La duración de cada una de las condiciones fue de dos minutos y el intervalo entre las mismas de tres minutos.

REGISTRO DE POTENCIALES EVOCADOS Y TIEMPO DE REACCION

Las dos tareas que se realizaron durante este registro fueron visuales, presentadas en un ordenador IBM AT.

Tarea de lateralización visual de símbolos: el sujeto sentado cómodamente en un sillón, mirando a un punto central en la pantalla del ordenador; y en su mano dominante un pulsador para determinar el tiempo de reacción, debía seguir las siguientes instrucciones presentadas en la pantalla:

" Su tarea consiste en apretar el pulsador lo más rápidamente posible cuando vea el siguiente carácter ■ y no pulsar cuando aparezcan otros caracteres como: ╪ , Φ , * ".

" Cuando esté listo, apriete el pulsador para comenzar "

Hemos de decir que para la realización de esta tarea se dividió la pantalla del ordenador en dos mitades, derecha e izquierda, y los carácteres aparecían de manera aleatoria a uno y otro lado de la pantalla. El número total de carácteres fue 250, de los cuales el 20% (50 carácteres, de los cuales 25 se presentaban a cada lado de la pantalla) corresponde al carácter infrecuente (que es al que debía responder el sujeto) y el resto (80%) corresponde a los caracteres frecuentes (que son a los que el sujeto no debía responder). El tiempo aproximado de duración de la tarea fue de 20 minutos.

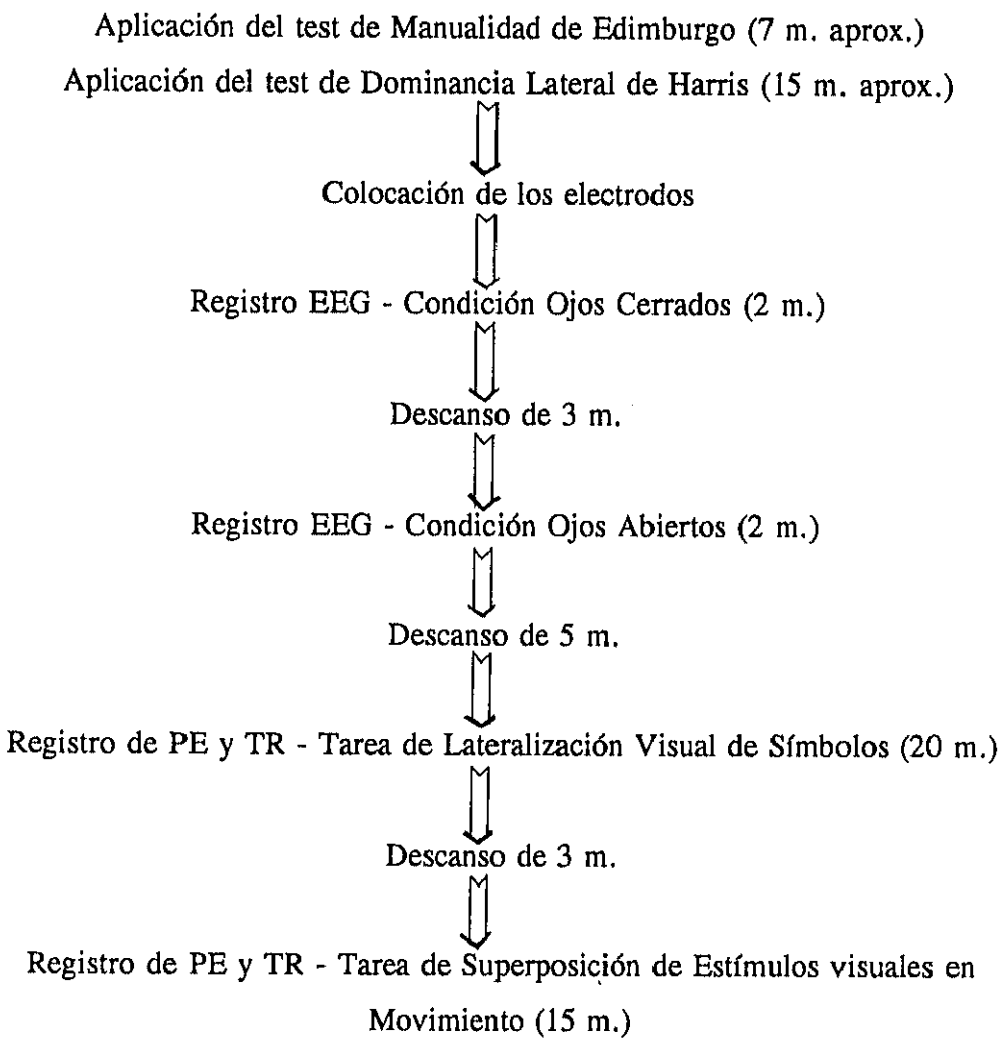
Tarea de superposición de estímulos visuales en movimiento: en esta tarea el sujeto se mantiene sentado cómodamente en un sillón mirando la pantalla del ordenador y en su mano dominante un pulsador para determinar el tiempo de reacción, debiendo seguir las siguientes instrucciones presentadas en la pantalla:

" Su tarea consiste en apretar el pulsador en el momento en que se crucen los círculos que se mueven por la pantalla ".

" Cuando esté listo, apriete el pulsador para comenzar "

El número de círculos que se cruzaron fue de 50 y para ello salía un círculo a cada lado de la pantalla y a distinta velocidad, con lo cual el entrecruzamiento se realizaba en distintas partes de la pantalla. El tiempo aproximado de duración de esta tarea fue de 15 minutos.

De forma esquemática la sesión de registro se llevó a cabo, para todos los sujetos, de la siguiente forma:



Durante la realización de los registros se mantuvo la habitación en la que estaba el sujeto con una luz ténue, para facilitar la relajación y la atención, aislada de ruidos y a una temperatura constante de 22 grados centígrados.

8.5.2. Instrumentación

Los **tests de lateralidad** utilizados fueron:

1.- Test de Manualidad de Edimburgo (Oldfield, 1971).

Consiste en 10 items: escribir, dibujar, lanzar un objeto, coger las tijeras, coger el cepillo de los dientes, cortar con un cuchillo, coger la cuchara, coger la escoba (mano superior), encender cerillas y abrir una caja. A los sujetos se les instruye para indicar la fuerza de su preferencia manual para cada item, poniendo dos o una cruz en la columna apropiada (derecha o izquierda), o una cruz en cada columna en el caso de que utilice cualquiera de las dos manos indistantamente. El test proporciona un cociente de lateralidad, cuyo rango oscila desde + 100 (diestro total) a - 100 (zurdo total). Dicho cociente se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Total derecha - Total izquierda}}{\text{Total derecha + Total izquierda}} \times 100$$

En la versión utilizada en nuestro estudio, se incluyó una columna central para responder en el caso de que no existiese una preferencia manual definida.

Este test se ha completado con dos items más, el "i", que hace referencia al pie preferido para dar una patada, y el "ii", que hace referencia al ojo preferido por la persona cuando sólo se puede mirar por un ojo. Estos items se contestan de la misma forma que la expuesta anteriormente.

En la misma hoja que se presentaba el test de Edimburgo hemos presentado nueve items sobre la preferencia manual de la familia y tres items para saber si el sujeto había tenido problemas con la izquierda y la derecha en la niñez. Estos datos han sido complementarios en nuestro estudio.

2.- Test de Dominancia Lateral (Harris, 1978).

Se trata de una serie de test de dominancia lateral aplicables de manera habitual en el examen de sujetos con dificultades de lectura y en otras circustancias clínicas en las que la dominancia lateral pueda ser un factor significativo. Existe una revisión española realizada por TEA en 1978, basada en la 3ª edición inglesa. Está compuesto por los siguientes subtests:

Test 1.- *Conocimiento de la derecha y de la izquierda:* en el que se consideran dos aspectos: la exactitud de la respuesta y la presencia o ausencia de dudas. Si la respuesta se da correctamente en menos de 2 segundos, se pone en la hoja de anotación el signo más (+). Si la respuesta es incorrecta, se anota el signo menos (-).

Dominancia Manual

Test 2.- *Mano preferida:* se le pide al sujeto que realice 10 actividades que aparecen en la hoja de anotación, dándole el material correspondiente o indicándole como puede hacerlo. La mera indicación del gesto es suficiente para el pronóstico de la prueba y las operaciones no es necesario que se realicen de forma real y completa. En la hoja de respuestas se cuenta cada D como 10, cada I como 0 y cada dos M como 5.

Test 3.- *Escritura simultánea:* el sujeto debe escribir números con las dos manos a la vez, debajo de las palabras derecha e izquierda que aparecen en la página 2. En la hoja de respuestas se anota el número de inversiones de la mano derecha, de la mano izquierda y de la mano que muestre la mejor coordinación en esta prueba.

Test 4.- *Escritura:* el sujeto escribe su nombre en la página 3 de la hoja de anotaciones, en el primer espacio. Se anota la mano que utiliza y el tiempo (en segundos) que tarda. Después se le dice al sujeto que lo repita en el espacio de debajo, pero con la otra mano. Anotamos ambos tiempos en la portada de la hoja y anotamos, también, qué mano es la que ha mostrado mejor coordinación en esta prueba.

Test 5.- *Punteado:* es una prueba en la que se determina la velocidad con que el sujeto puede marcar puntos con un lapicero. Con un lapicero se le marca la primera línea de la página 3 de la hoja de anotación un punto en cada cuadrado, hasta un total aproximado de 10. Luego se le dice al sujeto que haga lo mismo y se ejercite con los cuadrados de la segunda fila, para detenerse cuando la haya terminado. Después añadimos: "Cuando yo diga ¡Ya!, Vd. hará un punto en cada cuadrado, tan rápidamente como pueda. Cuando termine con una línea de cuadrados, siga en la línea siguiente".

Se le muestra al sujeto en qué grupo de cuadrados debe trabajar, según que tenga el lápiz en la mano derecha o en la izquierda y le señalamos donde debe comenzar y cómo seguir las flechas. A continuación el sujeto comienza la prueba y transcurridos 20 segundos de tiempo le decimos: ¡Basta!.

Posteriormente el sujeto coge el lápiz con la otra mano, utilizando para el entrenamiento la tercera línea de cuadrados y procedemos a hacer la segunda prueba al igual que anteriormente.

La puntuación para cada mano es el número de cuadrados seguidos, que están marcados con uno o más puntos. También anotamos la puntuación de cada mano y la inicial de la mano que mostró la mejor coordinación.

Test 6.- *Repartir las cartas:* se le entrega al sujeto un paquete de 26 cartas y se le dice: "Hagamos como si fuéramos a jugar a las cartas los dos. Reparta las cartas

tan rápido como le sea posible, dándose una a mi, otra a Vd.". Una vez realizada la prueba se anota el tiempo (en segundos) que tarda el sujeto en repartir las 26 cartas. Después volvemos a reunirlas para que las reparta con la otra mano. Anotamos el tiempo (en segundos) tardado con cada mano, y anotamos que mano muestra la mejor coordinación.

Test 7.- *Fuerza manual:* el sujeto coge el dinamómetro con la mano, el brazo extendido hacia el suelo y aprieta. Se hacen dos ensayos con cada mano en el orden derecha, izquierda. La puntuación para cada mano es la del mejor ensayo realizado. Esta es una prueba opcional y no la hemos utilizado en nuestra investigación.

Dominancia Ocular

Test 8.- *Tests monoculares*:

8.1. Caleidoscopio: se le da el caleidoscopio al sujeto y se le dice que le de vueltas para ver las figuras que se forman. Anotamos con qué ojo mira por el tubo.

8.2. Catalejo: le damos un catalejo al sujeto para que mire a través de él. Anotamos el ojo que ha utilizado para mirar.

8.3. Fusil: el sujeto coge un fusil de jugete y le decimos que debe apuntar con él a un objeto cualquiera. Anotamos qué ojo está en la prolongación de la línea de mira y qué hombro se ha utilizado para apoyar el fusil.

Test 9.- *Tests binoculares:*

9.1. Visores: para ello utilizamos los tres visores y las cartulinas con imágenes del "test ABC de Dominancia Ocular" de Miles (1980). Colocamos los tres visores sobre la mesa, apilados delante del sujeto, con la parte estrecha hacia él y las instrucciones impresas hacia arriba. Decimos: "Esto es una prueba de enfoque para

ver si Vd. puede enfocar rápidamente un objeto. Cuando yo diga ya Vd. tomará el visor con las dos manos, con la parte ancha hacia Vd., y lo abrirá presionando los laterales de manera que forme un tubo redondo. Levántelo rápidamente hasta los ojos, mire a través de él y díganos, tan rápido como pueda, lo que representa la imagen que yo le muestro".

A continuación se le pregunta al sujeto si está preparado y comenzamos la prueba. Anotamos en cada uno de los ensayos, cuál es el ojo utilizado para mirar.

9.2. Cartón con taladro: colocamos el cartón encima de una mesa y decimos: "Esto es también un test de enfoque; cuando yo diga ¡Ya! levante el cartón con las dos manos y, aléjelo lo más posible de Vd. Mire a través del agujero tan rápidamente como pueda y dígame qué es lo que ve a través de él". Realizamos tres ensayos, dejando cada vez el cartón sobre la mesa y anotamos, en cada ensayo, el ojo utilizado para mirar.

Test 10.- *Test estereoscópicos:* consisten en una serie de tests visuales de Keystone Binocular con los que se puede obtener información concerniente a la agudeza visual y a la presencia o ausencia de una ceguera monocular. Esta prueba es opcional y no la hemos utilizado en nuestra investigación.

Dominancia del Pie

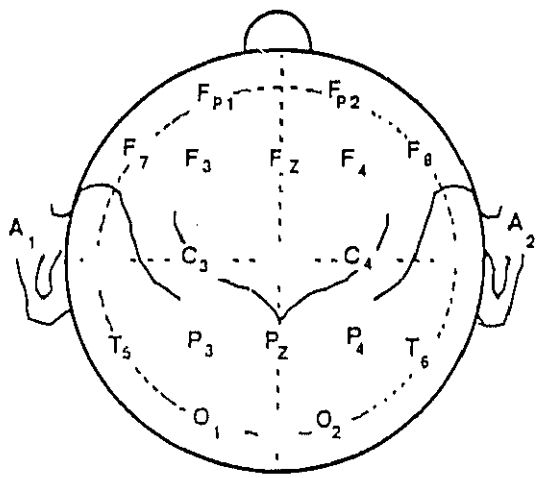
11.1. Dar una patada: le damos la pelota al sujeto y pedimos que le de una patada. Anotamos el pie que toque el balón como pie predominante. Después le pedimos al sujeto que le de con el otro pie. Anotamos, también, el pie que muestra una mejor coordinación.

11.2. Golpear con el pie: le decimos al sujeto lo siguiente: "Haga como si hubiese fuego. Indíqueme cómo haría para apagarlo con el pie". Anotamos el pie utilizado para apagar el fuego.

Para la realización de las **pruebas neurofisiológicas**, hemos utilizado los siguientes equipos:

Los registros de **EEG y potenciales evocados** se realizaron con electrodos de Ag/AgCl, con una impedancia inter-electrodo de 5 kiloohmnios y con 16 canales de registro dispuestos de la siguiente forma: O1, O2, P3, P4, T5, T6, C3, C4, Pz, Fz, F3, F4, F7, F8, Fp1 y Fp2, siguiendo el sistema internacional 10/20 de Jasper (1958), con referencia común en los lóbulos de la oreja (Le Guen y Debouzy, 1987). En la figura 8 podemos ver la posición de los electrodos siguiendo el sistema internacional 10/20, utilizado en la presente investigación.

Figura 8: Esquema de la posición de los electrodos según el sistema 10/20.



La señal de EEG y potencial evocado se registró en primer lugar en un polígrafo de electroencefalografía de forma analógica. El polígrafo utilizado fue el Nicolet EEG 1A/97 System, que admite hasta 18 canales de señal electroencefalográfica. La impedancia de la señal puede ser seleccionada a 5, 10, 20 ó 30 kiloohmnios. El amplificador permite una sensibilidad máxima de 1.0 microvoltios/mm de desviación de la plumilla y una sensibilidad mínima de 500.0 microvoltios/.5 mm de desviación de la plumilla. El equipo posee un filtro para 50

Hz., así como de altas y bajas frecuencias. El nivel de ruido es menor de 3 microvoltios de pico a pico con respecto al voltaje de entrada, y el máximo de desviación de la plumilla es mayor de 25 mm de pico a pico.

La computadora utilizada para el análisis digital, matemático y cartográfico de la señal electroencefalográfica y de los potenciales evocados, fue un Pathfinder II de Nicolet Biomedical Instruments, con la versión 4.1 de software.

El polígrafo antes mencionado es capaz de enviar la señal de forma digital, trabajando el Pathfinder con la señal ya amplificada y filtrada previamente en base a la selección realizada en el polígrafo. Los registros provenientes del polígrafo fueron almacenados en una cinta magnética para su posterior visualización y evaluación.

Para la presentación de los estímulos en cada una de las tareas de los potenciales evocados utilizamos un ordenador IBM AT; y para la determinación del **tiempo de reacción** utilizamos el reloj interno de dicho ordenador y un pulsador manual.

8.5.3. Análisis de los Registros

REGISTRO ELECTROENCEFALOGRAFICO

Los registros de los periodos de cada uno de los 16 canales se analizaron siguiendo la siguiente secuencia:

- Inspección visual del EEG. Libre de artefactos, se seleccionaron periodos de 10 segundos de EEG para cada canal, sujeto y condición experimental, para un posterior análisis cuantitativo. Estos 10 segundos de registro parecen tener una gran

fiabilidad intra e intergrupo (Matousek y Petersen, 1973; Giannitrapani, 1975), así como una gran fiabilidad intersesión (Fein y cols., 1984).

- Análisis espectral computerizado. Para cada uno de los periodos de 10 segundos seleccionados de EEG en cada condición experimental, se realizó la transformada de Fourier (FFT) a través del programa de análisis de frecuencias (PAF) del paquete de software del Nicolet Pathfinder II. Se registraron 5 bandas: Delta (0.5-3.5 Hz.), Theta (4-7.5 Hz.), Alfa (8-12.5 Hz.), Beta 1 (13-16.5 Hz.) y Beta 2 (17-25 Hz.).

- Mapas espectrales de frecuencia. A partir de los 16 valores reales de potencia espectral obtenidos en cada electrodo y mediante un sistema de interpolación rectangular, se realizó un mapa para cada una de las bandas de frecuencia, grupos y condición experimental; utilizando la escala de colores de la técnica de mapas de actividad eléctrica cerebral (Duffy, Burchfield y Lombroso, 1979). El mecanismo consiste en que a los valores (números) de los microvoltios al cuadrado ó microvoltios se les asigna un color, dentro de una gama determinada, que viene determinado por la posición de dichos valores en cada escala de colores. Los valores entre los que oscila cada gama de colores vienen determinados por el evaluador, o bien son asignados por la máquina automáticamente de forma relativa (considerando a la vez otros resultados). A los espacios comprendidos entre cada electrodo se les asigna mediante interpolación un valor (color) que viene dado en función de cuatro (interpolación rectangular) electrodos o puntos más cercanos. Con todo ello se obtiene finalmente un mapa por cada banda o punto temporal (en el caso de los potenciales evocados) en el que se pueden apreciar fácilmente y de una forma comprensiva las zonas de mayor o menor actividad. Estos mapas se pueden obtener para cada sujeto o para grupos de sujetos, debiéndose calcular previamente las medias de los valores de cada electrodo.

REGISTRO DE POTENCIALES EVOCADOS

El registro de los potenciales evocados se realizó de la manera descrita en el apartado "Registro, Condiciones y Tareas Experimentales".

Los potenciales evocados fueron registrados desde la aparición del estímulo hasta los 750 mseg posteriores, en cada una de las tareas. Cuando el voltaje, en cualquiera de las dos tareas, excedía de 750 microvoltios el registro no era promediado.

Tarea de Lateralización Visual de Símbolos

Los registros admitidos fueron promediados " on line " en bancos de memoria diferentes en función de que el estímulo fuera frecuente o infrecuente. Una vez finalizada la tarea se almacenó en memoria para su posterior análisis.

- **Análisis de la señal.** Los potenciales evocados visuales resultantes fueron analizados de manera independiente en función de que los caracteres fueran frecuentes o infrecuentes.

En primer lugar se llevó a cabo una inspección visual de las ondas resultantes para detectar algún posible artefacto en alguno de los electrodos; posteriormente cada una de las ondas fue suavizada con el fín de resaltar los picos más importantes de las mismas; y se llevó a cabo una sustracción punto por punto de la onda frecuente respecto de la infrecuente, obteniéndose una única onda resultante que refleja los componentes de los potenciales evocados asociados con la tarea de Lateralización Visual de Símbolos.

- **Mapas de potenciales evocados.** A partir de la onda resultante se realizó un mapa topográfico a los 250, 300 y 350 mseg., con el fín de observar los posibles cambios de actividad que se producen en estas latencias, utilizando para ello la escala

de colores de la técnica de mapas de actividad eléctrica cerebral (Duffy, Burchfield y Lombroso, 1979).

Estos cortes (250, 300 y 350 mseg.) fueron seleccionados dado que estábamos interesados en trabajar con la mayor amplitud de la P300, dando cabida las diferencias individuales y considerando que todos los sujetos que componen la muestra son normales.

Tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento.

Los registros admitidos fueron promediados " on line " y almacenados en memoria para su posterior análisis una vez finalizada la tarea.

- **Análisis de la señal.** El potencial resultante fue analizado de manera conjunta ya que sólo existía un tipo de carácter en movimiento al que el sujeto debía responder. Posteriormente se llevó a cabo una inspección visual de la onda resultante para detectar algún artefacto en los electrodos y se suavizó para resaltar los picos más importantes de la onda.

- **Mapas de potenciales evocados.** Se realizaron de la misma forma a la descrita en la tarea anterior.

REGISTRO DEL TIEMPO DE REACCION

Se utilizó un pulsador manual conectado al ordenador AT de IBM en el que se presentaban los estímulos visuales.

En todas las ocasiones el pulsador se acoplaba a la mano dominante del sujeto.

8.6. ANALISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS

Con vistas a estructurar de manera adecuada la presentación de los análisis realizados, se han establecido distintos apartados, que hacen referencia a las medidas utilizadas.

En la realización de los análisis estadísticos se han utilizado distintos programas del paquete estadístico BMDP (Dixon, 1991), que se detallarán en cada caso. Estos programas son:

- 2V: Análisis de varianza y covarianza con medidas repetidas.
- 3D: Pruebas de t, diferencias entre medias.
- 7D: Análisis de varianza y pruebas de diferencias entre medias, incluyendo la prueba de Bonferroni.

Para simplificar la redacción del texto y facilitar su comprensión, a continuación, señalaremos nuevamente las variables estudiadas y sus interacciones, así como las siglas empleadas para referirnos a ellas:

Lateralidad (Diestros - Zurdos)
Actividad (Sedentarios - Deportistas)
LA: Lateralidad x Actividad
Corte
CL: Corte x Lateralidad
CA: Corte x Actividad
CLA: Corte x Lateralidad x Actividad
Par Electrodos
PL: Par Electrodos x Lateralidad
PA: Par Electrodos x Actividad
PLA: Par Electrodos x Lateralidad x Actividad

CP: Corte x Par Electrodos

CPL: Corte x Par Electrodos x Lateralidad

CPA: Corte x Par Electrodos x Lateralidad x Actividad

CPLA: Corte x Par Electrodos x Lateralidad x Actividad

Hemisferio (Hemisferio Izquierdo - Hemisferio Derecho)

HL: Hemisferio x Lateralidad

HA: Hemisferio x Actividad

HLA: Hemisferio x Lateralidad x Actividad

CH: Corte x Hemisferio

CHL: Corte x Hemisferio x Lateralidad

CHA: Corte x Hemisferio x Actividad

CHLA: Corte x Hemisferio x Lateralidad x Actividad

PH: Par Electrodos x Hemisferio

PHL: Par Electrodos x Hemisferio x Lateralidad

PHA: Par Electrodos x Hemisferio x Actividad

PHLA: Par Electrodos x Hemisferio x Lateralidad x Actividad

8.6.1. Electroencefalograma (E.E.G.)

Como anteriormente se señaló se llevaron a cabo registros de la actividad eléctrica cortical para los distintos grupos que componen la muestra en condiciones de Ojos Cerrados (OC) y Ojos Abiertos (OA).

A continuación se presentan las medias de cada grupo en cada banda estudiada y los análisis de varianza entre estos grupos para cada banda, todo ello para cada una de las condiciones estudiadas OC y OA. Para la realización de estos análisis se ha empleado el programa 2V del BMDP (Dixon, 1991). Para la condición de OJOS CERRADOS (OC) (Ver tablas 2-11)

8.6.1.1. Condición de Ojos Cerrados

Tabla 2: OJOS CERRADOS.
Media de la Banda Delta en cada grupo

		LATERALIDAD		
		DIESTROS	ZURDOS	TOTAL
ACTIVIDAD	SEDENTARIOS	10.56	16.72	13.04
	DEPORTISTAS	15.61	22.01	18.17
	MEDIA TOTAL	13.08	19.35	15.60

Tabla 3: Análisis de Varianza de la Banda Delta

ANALISIS DE VARIANZA		
BANDA DELTA TODOS LOS ELECTRODOS		
	F	PROB.
LATERALIDAD	2.97	0.0903 -
ACTIVIDAD	2.02	0.1612
LA	0.00	0.9735
HEMISFERIO	0.21	0.6454
HL	1.29	0.2101
HA	4.09	0.0479 *
HLA	3.02	0.0877

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Tabla 4: OJOS CERRADOS
Media de la Banda Theta en cada grupo

		LATERALIDAD		
		DIESTROS	ZURDOS	TOTAL
ACTIVIDAD	SEDENTARIOS	6.32	5.11	5.84
	DEPORTISTAS	9.05	9.43	9.20
	MEDIA TOTAL	7.68	7.27	7.52

Tabla 5: Análisis de Varianza de la Banda Theta

ANALISIS DE VARIANZA		
BANDA THETA TODOS LOS ELECTRODOS		
	F	PROB.
LATERALIDAD	0.11	0.7361
ACTIVIDAD	8.15	0.0060 **
LA	0.42	0.5211
HEMISFERIO	1.97	0.1659
HL	0.02	0.8798
HA	2.53	0.1175
HLA	9.11	0.0038 **

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Tabla 6: OJOS CERRADOS
Media de la Banda Alfa en cada grupo

		LATERALIDAD		
		DIESTROS	ZURDOS	TOTAL
ACTIVIDAD	SEDENTARIOS	15.67	17.92	16.57
	DEPORTISTAS	23.53	25.57	24.35
	MEDIA TOTAL	19.60	21.74	20.46

Tabla 7: Análisis de Varianza de la Banda Alfa

ANALISIS DE VARIANZA		
BANDA ALFA TODOS LOS ELECTRODOS		
	F	PROB.
LATERALIDAD	0.22	0.6429
ACTIVIDAD	2.84	0.0975 -
LA	0.00	0.9826
HEMISFERIO	9.11	0.0038 **
HL	0.98	0.3274
HA	3.93	0.0523 *
HLA	0.01	0.9295

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Tabla 8: OJOS CERRADOS
Media de la Banda Beta 1 en cada grupo

		LATERALIDAD		
		DIESTROS	ZURDOS	TOTAL
ACTIVIDAD	SEDENTARIOS	4.58	3.37	4.10
	DEPORTISTAS	3.30	3.39	3.34
	MEDIA TOTAL	3.94	3.38	3.72

Tabla 9: Análisis de Varianza de la Banda Beta 1

ANALISIS DE VARIANZA		
BANDA BETA 1 TODOS LOS ELECTRODOS		
	F	PROB.
LATERALIDAD	0.29	0.5950
ACTIVIDAD	0.36	0.5505
LA	0.39	0.5333
HEMISFERIO	0.02	0.8849
HL	0.05	0.8195
HA	2.30	0.1351
HLA	1.23	0.2720

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Tabla 10: OJOS CERRADOS
Media de la Banda Beta 2 en cada grupo

		LATERALIDAD		
		DIESTROS	ZURDOS	TOTAL
ACTIVIDAD	SEDENTARIOS	3.43	3.05	3.28
	DEPORTISTAS	3.17	4.40	3.66
	MEDIA TOTAL	3.30	3.72	3.47

Tabla 11: Análisis de Varianza de la Banda Beta 2

ANALISIS DE VARIANZA		
BANDA BETA 2 TODOS LOS ELECTRODOS		
	F	PROB.
LATERALIDAD	0.29	0.5922
ACTIVIDAD	0.47	0.4943
LA	1.04	0.3126
HEMISFERIO	0.03	0.8679
HL	0.08	0.7753
HA	0.09	0.7665
HLA	0.53	0.4707

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Como puede observarse se han encontrado diferencias significativas entre grupos, para esta condición OC, en las bandas Theta y Alfa y más ligeramente en la Delta, no encontrándose en la Beta 1 ni en la Beta 2.

En la *banda Delta*, se han encontrado ligeras diferencias en HA, es decir en la interacción Hemisferio x Actividad ($p \leq 0.04$), estando más lejos de alcanzar la significación estadística la Lateralidad ($p \leq 0.09$).

Respecto a la *banda Theta*, las diferencias encontradas han sido mayores manifestándose estas en Actividad ($p \leq 0.006$) y HLA, es decir, interacción Hemisferio x Lateralidad x Actividad ($p \leq 0.003$).

En la *banda Alfa*, las mayores diferencias se han encontrado en Hemisferio ($p \leq 0.003$), en menor grado en HA, es decir interacción Hemisferio x Actividad ($p \leq 0.005$) y cercanos a la significación estadística en Actividad ($p \leq 0.09$).

Un resumen de estos resultados puede verse en la tabla 12.

Tabla 12: OJOS CERRADOS
Diferencias entre grupos para las distintas bandas

	DELTA	THETA	ALFA	BETA 1	BETA 2
LATERALIDAD	-				
ACTIVIDAD		**	-		
LA					
HEMISFERIO			**		
HL					
HA	*		*		
HLA		**			

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Para estudiar la dirección de estas diferencias se llevaron a cabo las consiguientes pruebas de t y Bonferroni, utilizando para ello los programas 3D y 7D del BMDP.

Banda Delta: Como puede apreciarse en la tabla 13, no se encuentra ninguna diferencia que llegue a ser significativa para la interacción HA.

Tabla 13: OJOS CERRADOS
Banda Delta
Diferencias entre medias de Hemisferio x Actividad

		SEDENTARIOS	DEPORTISTAS	t	p
HI	M	13.65	17.70	-1.07	0.2875
	Sx	12.19	16.70		
HD	M	12.40	18.64	-1.77	0.0859 -
	Sx	6.58	18.23		

- p ≤ .10 * p ≤ .05 ** p ≤ .01 *** p ≤ .001

En la *Banda Theta*, hemos estudiado las diferencias entre grupos para la Actividad (Ver tabla 14) y HLA (Ver tabla 15).

Tabla 14: OJOS CERRADOS
Banda Theta
Diferencias entre medias Sedentarios-Deportistas
Actividad

	SEDENTARIOS	DEPORTISTAS	t	p
M	5.84	9.20	-2.82	0.0068 **
Sx	3.92	5.24		

- p ≤ .10 * p ≤ .05 ** p ≤ .01 *** p ≤ .001

Respecto a la actividad, el grupo de deportistas presenta valores significativamente más altos que el grupo de sedentarios ($p \leq 0.006$)

Respecto a HLA, debido a la complejidad de las interacciones en la tabla 15 se presentan los resultados de los análisis de forma simplificada. Para estos análisis se han utilizado la prueba de t y la corrección de la prueba de Bonferroni. Como puede apreciarse, tanto en el hemisferio izquierdo como en el derecho, el grupo diestro deportista muestra mayor activación (altamente significativa) que el grupo zurdo sedentario, que aparece como el menos activado. También se encuentran en ambos hemisferios diferencias entre zurdos sedentarios y zurdos deportistas a favor de los segundos. En el hemisferio derecho aparecen diferencias entre diestros sedentarios y diestros deportistas, a favor también de los segundos, sin que lleguen a ser significativas tras la corrección de la prueba de Bonferroni.

Tabla 15: OJOS CERRADOS
Banda Theta
Diferencias entre medias de Hemisferio x Lateralidad x Actividad

COMPARACIONES	DIFERENCIAS MEDIAS	t	p
HEMISFERIO IZQUIERDO			
Diestros Sedentarios VS.			
Diestros Deportistas	-2.19	-1.36	0.1822
Zurdos Sedentarios	1.55	1.16	0.2576
Zurdos Deportistas	-2.94	-1.33	0.1999
Diestros Deportistas VS.			
Zurdos Sedentarios	3.74	3.09	0.0049 *
Zurdos Deportistas	-0.75	-0.35	0.7309
Zurdos Sedentarios VS.			
Zurdo Deportista	-4.49	-2.30	0.0383
HEMISFERIO DERECHO			
Diestros Sedentarios VS.			
Diestros Deportistas	-3.27	-2.11	0.0422
Zurdos Sedentarios	0.88	0.73	0.4717
Zurdos Deportistas	-3.27	-1.58	0.1306
Diestros Deportitas VS.			
Zurdos Sedentarios	4.15	3.31	0.0029 *
Zurdos Deportistas	-0.01	-0.00	0.9965
Zurdos Sedentarios VS.			
Zurdos Deportistas	-4.16	-2.23	0.0435

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

El simbolo * corresponde a la probabilidad una vez corregida por la prueba de Bonferroni.

En la *Banda Alfa* se han estudiado las diferencias entre grupos para Hemisferio (Ver tabla 16) y HA (Ver tabla 17).

Tabla 16: OJOS CERRADOS
Banda Alfa
Diferencias entre medias de Hemisferios

	HEMISF. IZQ.	HEMISF. DERCH.	t	p
M	22.64	18.28	2.83	0.0064 **
Sx	21.81	14.38		

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Tabla 17: OJOS CERRADOS
Banda Alfa
Diferencias entre medias de Hemisferio x Actividad

		SEDENTARIOS	DEPORTISTAS	t	p
HI	M	17.20	28.07	-1.98	0.0542 *
	Sx	15.00	26.11		
HD	M	15.94	20.62	-1.27	0.2098
	Sx	13.06	15.45		

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Respecto a Hemisferio, el izquierdo mostraba una actividad significativamente mayor que el derecho ($p \leq 0.006$).

En cuanto a la interacción Hemisferio x Actividad, los deportistas muestran valores superiores que los sedentarios en ambos hemisferios, siendo esta diferencia únicamente significativa en el caso del hemisferio izquierdo ($p \leq 0.05$).

Como resumen de los resultados obtenidos mediante electroencefalografía en la condición de ojos cerrados, señalaremos que de las bandas estudiadas se han encontrado únicamente diferencias significativas en las bandas Theta y Alfa.

En cuanto a la Actividad, la banda Theta indica que los deportistas presentan una activación considerablemente superior a los sedentarios.

En cuanto al Hemisferio, la banda Alfa señala una mayor activación del hemisferio izquierdo.

Respecto a las distintas interacciones, la interacción Hemisferio x Actividad es superior en los deportistas tal y como indica la banda Alfa en el hemisferio izquierdo.

En relación a la interacción Hemisferio x Lateralidad x Actividad, la banda Theta muestra, de modo general, una mayor activación en el caso de los deportistas tanto en zurdos como en diestros y en ambos hemisferios, si bien las diferencias no siempre llegan a ser estadísticamente significativas.

8.6.1.2. Condición de Ojos Abiertos

Para la condición OJOS ABIERTOS (OA) se ha seguido el mismo procedimiento, calculando las medias de cada grupo en cada banda y realizando análisis de varianza para cada una de las bandas.

Tabla 18: OJOS ABIERTOS
Media de la Banda Delta en cada grupo

		LATERALIDAD		
		DIESTROS	ZURDOS	TOTAL
ACTIVIDAD	SEDENTARIOS	7.94	14.34	10.50
	DEPORTISTAS	12.77	16.17	14.13
	MEDIA TOTAL	10.35	15.25	12.31

Tabla 19: Análisis de Varianza de la Banda Delta

ANALISIS DE VARIANZA		
BANDA DELTA TODOS LOS ELECTRODOS		
	F	PROB.
LATERALIDAD	2.92	0.0928 -
ACTIVIDAD	1.35	0.2495
LA	0.27	0.6029
HEMISFERIO	0.92	0.3412
HL	0.66	0.4192
HA	1.39	0.2438
HLA	2.20	0.1436

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Tabla 20: OJOS ABIERTOS
Media de la Banda Theta en cada grupo

		LATERALIDAD		
		DIESTROS	ZURDOS	TOTAL
ACTIVIDAD	SEDENTARIOS	3.97	4.71	4.27
	DEPORTISTAS	7.21	7.48	7.32
	MEDIA TOTAL	5.59	6.09	5.79

Tabla 21: Análisis de Varianza de la Banda Theta

ANALISIS DE VARIANZA		
BANDA THETA TODOS LOS ELECTRODOS		
	F	PROB.
LATERALIDAD	0.27	0.6071
ACTIVIDAD	9.59	0.0030 **
LA	0.06	0.8126
HEMISFERIO	6.90	0.0111 **
HL	1.45	0.2332
HA	3.29	0.0751 -
HLA	3.16	0.0810 -

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Tabla 22: OJOS ABIERTOS
Media de la Banda Alfa en cada grupo

		LATERALIDAD		
		DIESTROS	ZURDOS	TOTAL
ACTIVIDAD	SEDENTARIOS	5.01	4.98	5.00
	DEPORTISTAS	7.77	8.80	8.18
	MEDIA TOTAL	6.39	6.89	6.59

Tabla 23: Análisis de Varianza de la Banda Alfa

ANALISIS DE VARIANZA		
BANDA ALFA TODOS LOS ELECTRODOS		
	F	PROB.
LATERALIDAD	0.09	0.7625
ACTIVIDAD	3.99	0.0507 *
LA	0.10	0.7522
HEMISFERIO	12.78	0.0007 ***
HL	0.24	0.6291
HA	2.19	0.1445
HLA	0.23	0.6326

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Tabla 24: OJOS ABIERTOS
Media en la Banda Beta 1 en cada grupo

		LATERALIDAD		
		DIESTROS	ZURDOS	TOTAL
ACTIVIDAD	SEDENTARIOS	2.97	2.97	2.97
	DEPORTISTAS	2.30	2.22	2.27
	MEDIA TOTAL	2.63	2.59	2.62

Tabla 25: Análisis de Varianza de la Banda Beta 1

ANALISIS DE VARIANZA		
BANDA BETA 1 TODOS LOS ELECTRODOS		
	F	PROB.
LATERALIDAD	0.00	0.9571
ACTIVIDAD	1.13	0.2926
LA	0.00	0.9568
HEMISFERIO	0.73	0.3978
HL	0.63	0.4317
HA	0.37	0.5431
HLA	0.23	0.6339

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Tabla 26: OJOS ABIERTOS
Media de la Banda Beta 2 en cada grupo

		LATERALIDAD		
		DIESTROS	ZURDOS	TOTAL
ACTIVIDAD	SEDENTARIOS	2.95	3.56	3.19
	DEPORTISTAS	2.90	2.67	2.81
	MEDIA TOTAL	2.92	3.11	3.00

Tabla 27: Análisis de Varianza de la Banda Beta 2

ANALISIS DE VARIANZA		
BANDA BETA 2 TODOS LOS ELECTRODOS		
	F	PROB.
LATERALIDAD	0.10	0.7562
ACTIVIDAD	0.59	0.4459
LA	0.45	0.5030
HEMISFERIO	0.00	0.9500
HL	0.73	0.3953
HA	0.08	0.7838
HLA	0.03	0.8616

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Como puede observarse se han encontrado diferencias significativas entre grupos, para esta condición OA, en las bandas Theta y Alfa, no encontrándose en la Beta 1 ni en el Beta 2 y solamente muy ligeros indicios en la banda Delta.

En la *banda Theta* las diferencias significativas se han encontrado en Actividad ($p \leq 0.003$) y Hemisferio ($p \leq 0.01$) y cercanas a la significación estadística en la interacción Hemisferio x Actividad, HA, ($p \leq 0.07$) y en la interacción Hemisferio x Lateralidad x Actividad, HLA, ($p \leq 0.08$).

Respecto a la *banda Alfa* las mayores diferencias se han encontrado en Hemisferio ($p \leq 0.0007$) y en menor grado en Actividad ($p \leq 0.05$).

Un resumen de estos resultados puede verse en la tabla 28.

Tabla 28: OJOS ABIERTOS
Diferencias entre grupos para las distintas bandas

	DELTA	THETA	ALFA	BETA 1	BETA 2
LATERALIDAD	-				
ACTIVIDAD		**	*		
LA					
HEMISFERIO		**	***		
HL					
HA		-			
HLA		-			

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Para estudiar la dirección de estas diferencias se llevaron a cabo las consiguientes pruebas de t y Bonferrroni mediante los programas 3D y 7D del BMDP.

Banda Theta: hemos estudiado las diferencias entre grupos para la Actividad (tabla 29), Hemisferio (tabla 30), HA (tabla 31) y HLA (tabla 32).

Tabla 29: OJOS ABIERTOS
Banda Theta
Diferencias entre medias Sedentarios-Deportistas
Actividad

	SEDENTARIOS	DEPORTISTAS	t	p
M	4.27	7.32	-3.26	0.0021 **
Sx	2.66	4.39		

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Respecto a la Actividad, los resultados muestran una activación significativamente mayor en los deportistas que en los sedentarios ($p \leq 0.002$).

Tabla 30: OJOS ABIERTOS
Banda Theta
Diferencias entre medias de Hemisferios

	HEMISF. IZQ.	HEMISF. DERCH.	t	p
M	5.62	5.97	-2.78	0.0073 **
Sx	3.90	3.99		

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Respecto a Hemisferio, el derecho muestra una actividad significativamente mayor que el izquierdo ($p \leq 0.007$).

Tabla 31: OJOS ABIERTOS
Banda Theta
Diferencias entre medias de Hemisferio x Actividad

		SEDENTARIOS	DEPORTISTAS	t	p
HI	**M**	4.23	7.02	-2.95	0.0049 **
	Sx	2.64	4.46		
HD	**M**	4.31	7.62	-3.51	0.0010 ***
	Sx	2.69	4.42		

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

En la interacción Hemisferio x Actividad (HA), tanto en el hemisferio izquierdo como en el derecho, los deportistas muestran una activación considerablemente mayor que los sedentarios, siendo las diferencias ampliamente significativas en ambos casos ($p \leq 0.004$ en el hemisferio izquierdo y $p \leq 0.001$ en el derecho).

En relación con la interacción Hemisferio x Actividad x Lateralidad (HLA) solamente se encuentran diferencias significativas, una vez aplicada la corrección de Bonferroni, entre los diestros deportistas y los diestros sedentarios en el hemisferio derecho a favor de los primeros. Cercanas a esta significación estarían las diferencias entre los zurdos deportistas y los diestros sedentarios en ambos hemisferios a favor de los primeros.

Tabla 32: OJOS ABIERTOS
Banda Theta
Diferencias entre medias de Hemisferio x Lateralidad x Actividad

COMPARACIONES	DIFERENCIAS MEDIAS	t	p
HEMISFERIO IZQUIERDO			
Diestros Sedentarios VS.			
Diestros Deportistas	-2.81	-2.27	0.0271
Zurdos Sedentarios	-0.67	-0.48	0.6328
Zurdos Deportistas	-3.44	-2.48	0.0161 -
Diestros Deportistas VS.			
Zurdos Sedentarios	2.15	1.55	0.1269
Zurdos Deportistas	-0.63	-0.45	0.6528
Zurdos Sedentarios VS.			
Zurdo Deportista	-2.77	-1.83	0.0730
HEMISFERIO DERECHO			
Diestros Sedentarios VS.			
Diestros Deportistas	-3.67	-2.97	0.0044 *
Zurdos Sedentarios	-0.80	-0.58	0.5643
Zurdos Deportistas	-3.58	-2.59	0.0122 -
Diestros Deportistas VS.			
Zurdos Sedentarios	2.87	2.07	0.0428
Zurdos Deportistas	0.09	0.06	0.9514
Zurdos Sedentarios VS.			
Zurdos Deportistas	-2.78	-1.84	0.0716

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Los símbolos - o * corresponden a la probabilidad una vez corregida por la prueba de Bonferroni.

Banda Alfa: hemos estudiado las diferencias entre grupos para la Actividad y para Hemisferio (tablas 33 y 34 respectivamente).

Tabla 33: OJOS ABIERTOS
Banda Alfa
Diferencias entre medias Sedentarios-Deportistas
Actividad

	SEDENTARIOS	DEPORTISTAS	t	p
M	5.00	8.18	-2.00	0.0507 *
Sx	4.41	7.49		

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Respecto a la Actividad, los deportistas muestran valores significativamente mayores que los sedentarios ($p \leq 0.05$).

Tabla 34: OJOS ABIERTOS
Banda Alfa
Diferencias entre medias de Hemisferios

	HEMISF. IZQ.	HEMISF. DERCH.	t	p
M	7.20	5.38	3.57	0.0007 ***
Sx	7.23	5.54		

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

En cuanto a Hemisferio, el izquierdo ha mostrado, al igual que en la condición de ojos cerrados, una actividad significativamente mayor que el derecho ($p \leq 0.0007$).

Resumiendo los resultados obtenidos mediante electroencefalografía en la condición ojos abiertos señalaremos que de las bandas estudiadas se han encontrado diferencias en la Theta y en la Alfa.

Respecto a la Actividad aparecen diferencias significativas entre grupos tanto en la banda theta como en la alfa, encontrándose en ambos casos una actividad mayor en el caso de los deportistas.

Aparecen también diferencias claramente significativas en Hemisferio tanto en la banda theta como en la alfa, si bien el hemisferio derecho presenta una mayor actividad en la banda theta que el izquierdo; mientras que el hemisferio izquierdo presenta una mayor actividad en la banda alfa que el derecho; siendo este último resultado similar al obtenido en la condición de ojos cerrados.

Respecto a la interacción encontramos que Hemisferio x Actividad, en la banda theta, es mayor en los deportistas que en los sedentarios, encontrándose este resultado tanto en el hemisferio derecho como en el hemisferio izquierdo.

En relación a la interacción Hemisferio x Lateralidad x Actividad, la banda theta muestra claramente mayores valores en los diestros deportistas que en los diestros sedentarios en el hemisferio derecho y una tendencia (cercana a la significación estadística) a valores superiores de los zurdos deportistas sobre los diestros sedentarios en ambos hemisferios.

8.6.1.3. Resultados Generales del Estudio Electroencefalográfico

En primer lugar señalaremos que las bandas que mejor discriminan en nuestro estudio, tanto para la condición de ojos cerrados como para la de ojos abiertos, son la theta y la alfa.

Respecto al estudio de la Actividad los deportistas han mostrado una mayor activación de la banda theta que los sedentarios, tanto en ojos cerrados como abiertos; encontrándose también en ojos abiertos una mayor activación de la banda alfa en los deportistas que en los sedentarios.

En cuanto al estudio de la variable Hemisferio encontramos, tanto en ojos cerrados como en ojos abiertos, una mayor actividad de la banda alfa en el hemisferio izquierdo; encontrándose también en ojos abiertos una mayor actividad de la banda theta, pero en este caso en el hemisferio derecho.

Por lo que respecta a las distintas interacciones, en la interacción Hemisferio x Actividad encontramos que, en la condición de ojos cerrados los deportistas muestran mayor activación de la banda alfa que los sedentarios en el hemisferio izquierdo; mientras que en la condición de ojos abiertos, de nuevo los deportistas muestran mayor activación que los sedentarios, pero en este caso de la banda theta, encontrándose este resultado en ambos hemisferios.

Por último, en el estudio de la interacción Hemisferio x Actividad x Lateralidad es la banda theta la que se ha mostrado más sensible. En ambas condiciones, ojos cerrados y abiertos, los diestros deportistas presentan mayores valores que los zurdos sedentarios en el hemisferio derecho, siendo válida esta superioridad también para el hemisferio izquierdo en la condición de ojos cerrados. Esta banda ha mostrado también una tendencia (cercana a la significación estadística sin llegar a alcanzarla) hacia mayores valores en los deportistas que en los sedentarios, tanto para zurdos como para diestros en la condición de ojos cerrados y mayores valores para los zurdos deportistas que para los diestros sedentarios, en ambos hemisferios, en la condición de ojos abiertos.

8.6.2. Potenciales Evocados

Tal como se señaló en el apartado de procedimiento, se sometió a todos los sujetos que componen la muestra a dos tareas experimentales, la primera de Lateralización Visual de Símbolos y la segunda de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento.

A partir de los registros realizados durante la ejecución de las tareas, se realizaron tres cortes para cada tarea, correspondientes a los 250, 300 y 350 milisegundos.

8.6.2.1. Tarea 1: Lateralización Visual de Símbolos

Los resultados obtenidos con cada corte se presentan en las tablas 35, 36 y 37.

A partir de estos datos se realizó un análisis de varianza para medidas repetidas, en el que se incluyeron Lateralidad, Actividad, Cortes realizados, Par de Electrodos y Hemisferio, así como todas las interacciones entre estas variables. Para ello se utilizó el programa 2V del BMDP (Dixon, 1991). Los resultados se muestran en la tabla 38.

Tabla 35: Tarea de Lateralización Visual de Símbolos
Medias en el Corte 1 (250 mseg.)

PARES ELECTRODOS	DIESTROS				ZURDOS				SEDENTARIOS		DEPORTISTAS		DIESTROS		ZURDOS	
	SEDENTARIO		DEPORTISTA		SEDENTARIO		DEPORTISTA									
	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD
1	-0.12	0.21	-0.48	0.56	1.36	1.15	0.25	0.06	0.62	0.68	-0.11	0.31	-0.30	0.38	0.80	0.61
2	0.21	1.07	0.47	1.21	-0.27	1.79	0.38	0.23	-0.03	1.43	0.42	0.72	0.34	1.14	0.05	1.01
3	0.41	0.20	0.79	0.53	0.19	-0.47	0.53	-0.06	-0.30	-0.14	0.66	0.23	0.60	0.36	0.36	-0.26
4	0.17	-0.18	-0.15	-0.25	-0.40	-0.30	0.30	0.18	-0.12	-0.24	0.07	-0.03	0.01	-0.21	-0.05	-0.12
5	1.13	0.66	1.06	0.27	1.9	0.52	0.37	0.52	1.51	0.59	0.71	0.4	1.09	0.47	1.13	0.52
6	1.13	0.70	1.5	0.38	1.31	-0.04	0.77	0.45	1.22	0.33	1.13	0.41	1.32	0.54	1.04	0.20
7	0.14	0.63	-0.17	0.3	-0.56	-0.80	-0.05	0.24	-0.21	-0.08	-0.11	0.27	-0.02	0.46	-0.31	-0.28
8	-0.21	-0.50	-0.42	-0.33	0.04	-1.29	-0.06	0.25	-0.08	-0.89	-0.24	-0.04	-0.32	-0.44	-0.01	-0.52
Media	0.36	0.35	0.27	0.33	0.45	0.07	0.31	0.23	0.33	0.21	0.19	0.28	0.34	0.34	0.38	0.14
Media	0.35		0.3		0.26		0.27		0.27		0.23		0.34		0.26	

Tabla 36: Tarea de Lateralización Visual de Símbolos
Medias en el Corte 2 (300 mseg)

PARES ELECTRODOS	DIESTROS				ZURDOS				SEDENTARIOS		DEPORTISTAS		DIESTROS		ZURDOS	
	SEDENTARIO		DEPORTISTA		SEDENTARIO		DEPORTISTA									
	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD
1	-0.32	0.10	-0.61	0.23	1.36	1.30	0.22	0.01	0.52	0.66	-0.19	0.11	-0.46	0.12	0.79	0.65
2	-0.11	0.68	0.16	0.98	0.29	1.43	0.33	0.20	0.09	1.05	0.24	0.59	-0.02	0.83	0.31	0.82
3	0.25	-0.17	0.74	0.27	0.69	0.04	0.50	-0.12	0.47	-0.06	0.62	0.07	0.49	0.05	0.59	-0.04
4	-0.13	-0.69	-0.44	-0.44	0.17	0.06	0.28	0.11	0.02	-0.31	-0.08	-0.16	-0.28	-0.56	0.22	0.08
5	0.71	0.24	0.86	-0.14	1.6	0.92	0.33	0.51	1.15	0.58	0.59	0.18	0.78	0.05	0.96	0.71
6	0.64	0.17	1.12	0.05	1.52	0.49	0.82	0.44	1.08	0.33	0.97	0.24	0.88	0.11	1.17	0.46
7	-0.2	0.11	-0.54	0.05	0.37	0.24	0.07	0.17	0.18	0.17	-0.23	0.11	-0.37	0.08	0.22	0.20
8	-0.52	-0.92	-0.57	-0.53	1.14	0.44	-0.11	0.13	0.31	-0.24	-0.34	-0.20	-0.54	-0.72	0.51	0.29
Media	0.04	-0.06	0.09	0.06	0.89	0.62	0.30	0.18	0.47	0.28	0.20	0.12	0.06	-0.01	0.60	0.40
Media	-0.01		0.07		0.75		0.24		0.37		0.16		0.02		0.50	

Tabla 37: Tarea de Lateralización Visual de Símbolos
Media en el Corte 3 (350 mseg.)

PARES ELECTRODOS	DIESTROS				ZURDOS				SEDENTARIOS		DEPORTISTAS		DIESTROS		ZURDOS	
	SEDENTARIO		DEPORTISTA		SEDENTARIO		DEPORTISTA									
	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD
1	-0.10	0.21	-0.28	0.72	1.26	0.71	0.22	0.01	0.58	0.46	-0.03	0.36	-0.19	0.46	0.74	0.36
2	-0.08	0.62	0.33	1.01	-0.63	1.17	0.36	0.21	-0.36	0.89	0.35	0.61	0.12	0.82	-0.13	0.69
3	0.42	-0.15	0.87	0.29	0.04	-0.74	0.58	-0.13	0.23	-0.44	0.72	0.08	0.64	0.07	0.31	-0.44
4	-0.23	-0.66	-0.26	-0.64	-0.81	-0.64	0.23	0.06	-0.52	-0.65	-0.02	-0.29	-0.24	-0.65	-0.29	-0.29
5	0.79	0.03	1.08	-0.10	1.37	0.30	0.33	0.42	1.08	0.16	0.71	0.16	0.94	-0.03	0.85	0.36
6	0.56	-0.09	1.17	-0.05	1.05	-0.19	0.74	0.38	0.81	-0.14	0.95	0.16	0.86	-0.07	0.89	0.09
7	-0.21	-0.16	-0.39	-0.11	-0.81	-0.53	0.04	0.05	-0.51	-0.35	-0.17	-0.03	-0.30	-0.13	-0.38	-0.24
8	-0.58	-0.99	-0.56	-0.64	0.13	-0.89	-0.14	0.10	-0.23	-0.94	-0.35	-0.27	-0.57	-0.81	-0.01	-0.39
Media	0.07	-0.15	0.25	0.06	0.2	-0.10	0.29	0.14	0.13	-0.13	0.27	0.1	0.16	-0.04	0.25	0.02
Media	-0.0004		0.15		-0.04		0.21		0.00		0.14		0.06		0.13	

Tabla 38: Análisis de Varianza de la Tarea de Lateralización de Símbolos

	Suma de cuadrados	Grados Libertad	Media Cuadrática	F	p
Lateralidad	16.88691	1	16.88691	0.22	0.6436
Actividad	0.11696	1	0.11696	0.00	0.9693
LA	6.39794	1	6.39794	0.08	0.7757
Corte	22.91880	2	11.45940	1.40	0.2520
CL	36.17723	2	18.08861	2.20	0.1153
CA	17.82747	2	8.91373	1.09	0.3413
CLA	14.10311	2	7.05156	0.86	0.4265
Par electrodos	337.83144	7	48.26163	5.07	0.0000***
PL	63.53633	7	9.07662	0.95	0.4651
PA	52.40037	7	7.48577	0.79	0.5991
PLA	54.40536	7	7.77219	0.82	0.5740
CP	11.18467	14	0.79890	1.54	0.0923
CPL	9.27441	14	0.64550	1.24	0.2396
CPA	5.27441	14	0.37674	0.72	0.7509
CPLA	8.08087	14	0.57720	1.11	0.3446
Hemisferio	16.49975	1	16.49975	9.03	0.0040**
HL	2.91053	1	2.91053	1.59	0.2121
HA	2.53563	1	2.53563	1.39	0.2438
HLA	1.07141	1	1.07141	0.59	0.4470
CH	1.36418	2	0.68209	1.29	0.2784
CHL	1.20298	2	0.60149	1.14	0.3234
CHA	0.14879	2	0.07440	0.14	0.8686
CHLA	0.34044	2	0.17022	0.32	0.7248
PH	165.11967	7	23.58852	5.86	0.0000***
PHL	22.61249	7	3.23036	0.80	0.5850
PHA	37.56066	7	5.36581	1.33	0.2327
PHLA	49.12438	7	7.01777	1.74	0.0972
CPH	1.90496	14	0.13607	0.78	0.6946
CPHL	3.17668	14	0.22691	1.30	0.2032
CPHA	3.59163	14	0.25654	1.47	0.1177
CPHLA	2.37667	14	0.16976	0.97	0.4826

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Como puede observarse se han obtenido F significativas para Par de Electrodos ($p \leq 0.0000$), Hemisferio ($p \leq 0.004$) y la interacción Par de Electrodos x Hemisferio ($p \leq 0.0000$); centrando por tanto ulteriores análisis en estas variables. Es de señalar que no se ha encontrado una F significativa ni para Lateralidad (Diestros-Zurdos), ni para Actividad (Sedentarios-Deportistas).

Par de Electrodos

Con vistas a determinar en que pares se producían diferencias significativas y detectar por tanto diferencias interhemisféricas, se realizaron pruebas de t siguiendo el programa 3D del BMDP. Los resultados se muestran en la tabla 39.

Tabla 39: Tarea de Lateralización Visual de Símbolos
Diferencias de medias entre electrodos de un mismo par (diferencias interhemisféricas en cada par).

COMPARACIONES	MEDIA 1 Desv. T.	MEDIA 2 Desv. T.	t	P
O1 - O2	0.12 1.73	0.42 1.96	-1.29	0.2023
P3 - P4	0.13 1.66	0.89 2.40	-3.05	0.0034 **
T5 - T6	0.52 1.56	-0.01 1.53	3.58	0.0007 ***
C3 - C4	-0.12 1.05	-0.32 1.60	1.45	0.1519
Pz - Fz	0.96 2.17	0.31 1.22	3.02	0.0037 **
F3 - F4	1.03 2.61	0.22 1.15	3.07	0.0032 **
F7 - F8	-0.2 1.51	0.04 1.31	1.34	0.1839
Fp1 - Fp2	-0.22 2.44	-0.48 2.96	-1.43	0.1594

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

En ella se observan diferencias significativas en los pares P3-P4 ($p \leq 0.003$), T5-T6 ($p \leq 0.0007$), Pz-Fz ($p \leq 0.003$) y F3-F4 ($p \leq 0.003$).

En el par P3-P4, el electrodo P4 situado en la zona parietal del hemisferio derecho muestra mayor actividad que el P3 situado en la zona parietal del hemisferio izquierdo.

En el par Pz-Fz, el electrodo Pz localizado en la zona interparietal muestra mayor actividad que el Fz situado en la zona interfrontal.

En el par F3-F4, el electrodo F3 situado en la zona frontal del hemisferio izquierdo muestra más actividad que el F4 localizado en la zona frontal del hemisferio derecho.

Por último, en el par T5-T6, el electrodo T5 situado en la zona temporal del hemisferio izquierdo muestra más actividad que el T6 situado en la zona temporal del hemisferio derecho.

Estos resultados concuerdan en gran medida con otras investigaciones actuales (Ver apartado de potenciales evocados) que señalan que los Electrodos que mejor discriminan los potenciales evocados tardíos son los localizados en las áreas centrales, caso este de los pares Pz-Fz y P3-P4; estando el par F3-F4 relacionado con áreas motoras frontales y e T5-T6 con áreas temporales.

Hemisferio

Se ha calculado la prueba de t siguiendo el programa 3D del BMDP. Los resultados se muestran en la tabla 40.

Tabla 40: Tarea de Lateralización Visual de Símbolos
Diferencias entre medias de hemisferios

	HEMISF. IZQ.	HEMISF. DERCH.	t	p
M	0.28	0.14	2.80	0.0068 **
Sx	1.28	1.24		

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Como puede observarse en la tabla, el hemisferio izquierdo muestra una activación considerablemente mayor que el derecho, siendo esta diferencia altamente significativa ($p \leq 0.006$).

Recordaremos aquí que en el apartado de las funciones hemisféricas se señalaba el hemisferio derecho como más implicado en el reconocimiento de símbolos; sin embargo, ante tareas complejas de movimiento existiría un predominio de hemisferio izquierdo; dato éste que parece avalar nuestros resultados.

Interacción Par Electrodo por Hemisferio (PH)

Se han calculado las pruebas de t siguiendo el programa 3D del BMDP. Los resultados se muestran en la tabla 41.

Tabla 41: Lateralización Visual de Símbolos
Interacción Par de Electrodo x Hemisferio
Diferencia de medias entre los dos electrodos de cada par.

		MEDIA	Sx	t	p
O1 - O2	HI	0.12	1.73	-1.29	0.2023
	HD	0.42	1.96		
P3 - P4	HI	0.13	1.66	-3.05	0.0034 **
	HD	0.89	2.40		
T5 - T6	HI	0.52	1.56	3.58	0.0007 ***
	HD	-0.01	1.53		
C3 - C4	HI	-0.12	1.05	1.45	0.1519
	HD	-0.32	1.60		
Pz - Fz	HI	0.96	2.17	3.02	0.0037 **
	HD	0.31	1.22		
F3 - F4	HI	1.03	2.61	3.07	0.0032 **
	HD	0.22	1.15		
F7 - F8	HI	-0.2	1.51	1.34	0.1839
	HD	0.04	1.31		
Fp1 - Fp2	HI	-0.22	2.44	-1.43	0.1594
	HD	-0.48	2.96		

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Encontramos diferencias significativas entre electrodos en los pares P3-P4, T5-T6, Pz-Fz y F3-F4; mostrando mayor actividad el electrodo situado en el hemisferio derecho en el caso del par P3-P4 y el situado en el hemisferio izquierdo en los casos restantes.

Resumiendo los resultados encontrados en la tarea 1, Lateralización Visual de Símbolos, señalaremos que se han encontrado valores significativos para las variables Par de Electrodos, Hemisferio y Par de Electrodos x Hemisferio.

En cuanto a Par de Electrodos los que mejor discriminan los potenciales evocados tardíos son los localizados en las áreas centrales (Pz-Fz y P3-P4), así como los relacionados con áreas motoras frontales (F3-F4) y con áreas temporales (T5-T6). En todos los casos, con excepción del par P3-P4, el electrodo situado en el hemisferio izquierdo ha mostrado mayor actividad.

En cuanto al estudio de la variable Hemisferio, se ha encontrado una actividad considerablemente mayor en el hemisferio izquierdo que en el derecho.

Por último, la interacción Par de Electrodos x Hemisferio ha mostrado diferencias significativas entre los electrodos que componen los pares ya mencionados anteriormente en Par de Electrodos, y en la misma dirección.

8.6.2.2. Tarea 2: Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento

Los resultados obtenidos en cada corte se presenta en las tablas 42, 43 y 44.

Como en el caso de la tarea 1, a partir de los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza, para medidas repetidas, en el que se incluyeron Lateralidad, Actividad, Cortes realizados, Par de Electrodos y Hemisferio, así como todas las interacciones entre estas variables. Para ello se utilizó el programa 2V del BMDP. Los resultados se muestran en la tabla 45.

Tabla 42: Medias de la Tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento
Medias en el Corte 1 (250 mseg.)

PARES ELECTRODOS	DIESTROS				ZURDOS				SEDENTARIOS		DEPORTISTAS		DIESTROS		ZURDOS	
	SEDENTARIO		DEPORTISTA		SEDENTARIO		DEPORTISTA									
	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD
1	0.05	0.36	-0.36	0.30	0.99	0.95	0.19	0.49	0.52	0.66	-0.08	0.39	-0.16	0.33	0.59	0.72
2	0.23	0.86	0.09	0.71	1.96	5.23	0.81	0.72	1.09	3.04	0.45	0.72	0.16	0.78	1.39	2.98
3	0.76	-0.14	0.83	0.09	2.28	1.23	0.49	0.11	1.52	0.55	0.66	0.1	0.79	-0.03	1.38	0.67
4	-0.01	-0.49	-0.43	-0.85	0.52	-0.99	0.42	0.37	-0.25	-0.74	-0.01	-0.24	-0.22	-0.67	0.47	-0.31
5	1.11	0.33	1.03	-0.73	4.52	0.53	0.73	-0.17	2.82	0.43	0.88	-0.45	1.07	-0.2	2.62	0.18
6	0.96	0.20	0.58	-0.82	2.77	2.36	0.43	0.12	1.86	1.28	0.51	-0.35	0.77	-0.31	1.60	1.24
7	0.47	-0.24	-0.27	-1.32	-1.73	0.01	0.45	0.23	-0.63	-0.11	0.09	-0.55	0.1	-0.78	-0.64	0.20
8	0.09	-0.53	-1.42	-1.65	2.68	1.73	0.30	0.25	1.38	1.13	-0.56	-0.7	-0.66	-1.09	1.49	0.99
Media	0.46	0.04	0.07	-0.53	1.75	1.38	0.48	0.27	1.04	0.78	0.24	-0.54	0.24	-0.25	0.5	0.82
Media	0.25		-0.23		1.56		0.38		0.91		-0.15		-0.01		0.94	

Tabla 43: Tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento
Medias en el Corte 2 (300 mseg.)

PARES ELECTRODOS	DIESTROS				ZURDOS				SEDENTARIOS		DEPORTISTAS		DIESTROS		ZURDOS	
	SEDENTARIO		DEPORTISTA		SEDENTARIO		DEPORTISTA									
	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD
1	-0.08	0.21	-0.06	0.61	1.46	1.79	0.16	0.43	0.69	1.00	0.05	0.52	-0.07	0.41	0.81	1.11
2	0.21	0.76	0.45	2.10	2.48	5.44	0.50	0.54	1.34	3.10	0.47	1.32	1.15	1.43	1.49	2.99
3	0.68	-0.27	1.2	0.41	2.21	1.34	0.37	-0.01	1.45	0.54	0.78	0.20	0.94	0.07	1.29	0.66
4	-0.02	-0.54	-0.01	-0.37	1.49	-0.52	0.07	0.13	0.73	-0.53	0.03	-0.12	0.01	-0.46	0.78	-0.19
5	1.03	0.19	1.29	-0.06	5.51	1.30	0.39	-0.72	3.27	0.75	0.84	-0.39	0.61	0.06	2.95	0.29
6	0.86	0.09	1.29	-0.23	3.54	2.94	-0.08	-0.46	2.20	1.52	0.61	-0.35	1.08	-0.07	1.73	1.24
7	0.38	-0.34	0.73	-0.62	-1.23	0.36	0.20	-0.57	-0.43	0.10	0.26	-0.60	0.56	-0.48	-0.71	-0.11
8	-0.03	-0.67	0.23	-0.19	3.12	2.33	-0.40	-0.60	1.55	0.83	-0.09	-0.40	0.10	-0.43	1.36	0.86
Media	0.38	-0.17	0.64	0.21	2.32	1.87	0.10	-0.16	1.52	0.91	0.37	0.09	0.55	0.07	1.21	0.86
Media	0.11		0.43		2.09		-0.03		1.21		0.23		0.31		1.04	

Tabla 44: Tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento
Medias en el Corte 3 (350 mseg.)

PARES ELECTRODOS	DIESTROS				ZURDOS				SEDENTARIOS		DEPORTISTAS		DIESTROS		ZURDOS	
	SEDENTARIO		DEPORTISTA		SEDENTARIO		DEPORTISTA									
	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD	HI	HD
1	0.01	0.25	0.22	1.12	0.36	0.72	0.03	-0.18	0.18	0.48	0.13	0.47	0.11	0.69	0.19	0.27
2	0.16	0.68	0.84	1.43	3.09	6.18	0.21	0.04	1.62	3.43	0.53	0.74	0.5	1.05	1.66	1.56
3	0.66	-0.38	1.38	0.7	2.75	1.68	0.1	-0.32	1.71	0.73	0.74	0.19	1.02	0.16	1.38	0.68
4	-0.01	-0.49	0.43	0.21	2.53	0.48	-0.04	0.01	1.26	-0.01	0.2	0.11	0.21	-0.14	1.25	0.24
5	1.00	0.31	1.66	0.6	5.74	2.13	0.13	-0.77	3.37	1.22	0.9	-0.08	1.33	0.98	2.93	0.68
6	0.92	0.22	1.8	0.5	4.53	3.32	-0.33	-0.56	2.73	1.17	0.73	-0.03	1.36	0.36	2.1	1.38
7	0.35	-0.24	1.38	0.01	-0.38	0.17	-0.49	-1.16	-0.02	-0.04	0.45	-0.57	0.86	-0.12	-0.43	-0.45
8	0.02	-0.54	1.1	0.66	2.02	1.89	-1.06	-1.46	1.02	0.66	0.02	-0.4	0.56	0.06	0.48	0.20
Media	0.39	-0.02	1.10	0.65	2.58	2.07	-0.18	-0.55	1.44	1.02	0.46	0.05	0.74	0.38	1.19	0.45
Media	0.18		0.87		0.25		-0.36		1.23		0.25		0.56		0.82	

Tabla 45: Análisis de Varianza de la Tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento

	Suma de cuadrados	Grados Libertad	Media Cuadrática	F	p
Lateralidad	364.63949	1	364.63949	1.17	0.2831
Actividad	589.04267	1	589.04267	1.90	0.1738
LA	797.07760	1	797.07760	2.57	0.1147
Corte	36.74815	2	18.37407	0.66	0.5202
CL	30.84754	2	15.42377	0.55	0.5774
CA	2.13349	2	1.06674	0.04	0.9626
CLA	213.78659	2	106.89329	3.82	0.0247 *
Par Electrod	785.99245	7	112.28464	5.38	0.0000 ***
PL	212.05125	7	30.29304	1.45	0.1828
PA	322.10637	7	46.01520	2.21	0.0330 *
PLA	358.17378	7	51.16768	2.45	0.0179 **
CP	26.98855	14	1.92775	0.98	0.4730
CPL	63.85476	14	4.56105	2.32	0.0040 **
CPA	24.25930	14	1.73281	0.88	0.5809
CPLA	31.97367	14	2.28383	1.16	0.3017
Hemisferio	115.73415	1	115.73415	5.35	0.0245 *
HL	1.21525	1	1.21525	0.06	0.8136
HA	0.47102	1	0.47402	0.02	0.8833
HLA	1.71438	1	1.71438	0.08	0.7794
CH	0.47879	2	0.23939	0.21	0.8112
CHL	1.40368	2	0.70184	0.61	0.5426
CHA	0.24606	2	0.12303	0.11	0.8979
CHLA	0.15906	2	0.07953	0.07	0.9328
PH	449.87965	7	64.26852	6.06	0.0000 ***
PHL	108.90461	7	15.55780	1.47	0.1777
PHA	129.23789	7	18.46256	1.74	0.0982 -
PHLA	167.12179	7	23.87454	2.25	0.0297 *
CPH	6.88089	14	0.49149	1.12	0.3386
CPHL	5.78914	14	0.41351	0.94	0.5153
CPHA	6.36408	14	0.45458	1.03	0.4177
CPHLA	5.42722	14	0.38766	0.88	0.5800

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Como puede observarse se han obtenido F significativas para la interacción Corte x Lateralidad x Actividad - CLA ($p \leq 0.02$), Par de Electrodos ($p \leq 0.0000$), Par de Electrodos x Actividad - PA ($p \leq 0.03$), Par de Electrodos x Lateralidad x Actividad - PLA ($p \leq 0.01$), Corte x Par de Electrodos x Lateralidad - CPL ($p \leq 0.004$), Hemisferio ($p \leq 0.02$), Par de Electrodos x Hemisferio - PH ($p \leq 0.0000$) y, finalmente, Par de Electrodos x Hemisferio x Lateralidad x Actividad - PHLA ($p \leq 0.02$).

Realizados los oportunos análisis mediante los programas 2V y 7D del BMDP, se comprobó que la significación estadísticas de la F se debía en muchos casos a diferencias intragrupo, que carecen de interés para nuestra investigación. Por ello, nos centraremos en aquellas variables con las que se han encontrado diferencias de medias intergrupo. Estas son, al igual que en la tarea 1, Par de Electrodos, Hemisferio y la interacción Par de Electrodos x Hemisferio (PH).

Par de Electrodos

Para determinar qué pares mostraban diferencias significativas y determinar por tanto diferencias interhemisféricas, se realizaron pruebas de t siguiendo el programa 3D del BMDP. Los resultados se muestran en la tabla 46.

Como puede observarse aparecen diferencias significativas en los pares P3-P4 ($p \leq 0.003$), T5-T6 ($p \leq 0.003$), C3-C4 ($p \leq 0.05$), Pz-Fz ($p \leq 0.001$) y F3-F4 ($p \leq 0.007$).

En el par P3-P4, el electrodo P4 situado en la zona parietal del hemisferio derecho muestra mayor actividad que el P3 situado en la zona parietal del hemisferio izquierdo.

En el par C3-C4, el electrodo C3 localizado en la cisura de Rolando del hemisferio izquierdo muestra mayor actividad que el C4 localizado en el área

homónima a C3 pero en el hemisferio derecho. En dicho par, al estar situado sobre la cisura de Rolando, es difícil saber si la actividad registrada proviene de las regiones pre o postcentrales (Duffy y cols., 1989).

En el par Pz-Fz, el electrodo Pz localizado en la zona interparietal muestra mayor actividad que el Fz situado en la zona interfrontal.

En el par F3-F4, el electrodo F3 situado en la zona frontal del hemisferio izquierdo muestra más actividad que el F4, localizado en la zona frontal del hemisferio derecho.

Por último en el par T5-T6, el electrodo T5 situado en la zona temporal del hemisferio izquierdo muestra más actividad que el T6, situado en la zona temporal del hemisferio derecho.

Vemos que estos datos son similares a los encontrados en la tarea de lateralización de estímulos visuales, si bien aquí se añade el par C3-C4 reforzando la idea ya expuesta de que son los electrodos localizados en áreas centrales los que mejor discriminan los potenciales evocados.

Tabla 46: Tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento Diferencias de medias entre electrodos de un mismo par (diferencias interhemisféricas en cada par).

COMPARACIONES	MEDIA 1 Desv. T.	MEDIA 2 Desv. T.	t	p
O1 - O2	0.19 2.98	0.57 5.07	-0.95	0.3452
P3 - P4	0.80 3.22	1.87 5.05	-3.07	0.0033 **
T5 - T6	1.10 3.27	0.31 2.13	3.08	0.0031 **
C3 - C4	0.33 2.33	-2.29 1.44	1.97	0.0541 *
Pz - Fz	1.85 5.05	0.51 3.44	3.40	0.0012 ***
F3 - F4	1.39 4.44	0.51 3.44	2.76	0.0078 **
F7 - F8	0.07 2.30	-0.34 1.91	0.92	0.3618
Fp1 - Fp2	0.44 3.88	-0.02 3.29	1.44	0.1566

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Hemisferio

Se ha calculado la prueba de t siguiendo el programa 3D del BMDP. Los resultados se muestran en la tabla 47.

Tabla 47: Tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento Diferencias entre medias de hemisferios

	HEMISF. IZQ.	HEMISF. DERCH.	t	p
M	0.77	0.35	2.47	0.0165 **
Sx	2.93	2.37		

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Como puede observarse en la tabla, el hemisferio izquierdo muestra una activación considerablemente mayor que el derecho ($p \leq 0.01$); este resultado es similar al encontrado en la tarea de lateralización de estímulos visuales, por lo que la explicación allí dada referida al predominio del hemisferio izquierdo en tareas complejas que implican movimiento queda reforzada, haciéndose aquí más potente dada la especificidad de la tarea.

Interacción Par de Electrodos x Hemisferio (PH)

Se han calculado las pruebas de t siguiendo el programa 3D del BMDP. Los resultados se muestran en la tabla 48.

Tabla 48: Tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento
Interacción Par de Electrodo x Hemisferio
Diferencia de medias entre los dos electrodos de cada par.

COMPARACIONES		MEDIA	Sx	t	p
O1 - O2	HI	0.19	2.98	-0.95	0.3452
	HD	0.56	5.07		
P3 - P4	HI	0.80	3.22	-3.07	0.0033 **
	HD	1.87	5.05		
T5 - T6	HI	1.1	3.27	3.08	0.0031 **
	HD	0.31	2.13		
C3 - C4	HI	0.33	2.33	1.97	0.0541 *
	HD	-0.29	1.44		
Pz - Fz	HI	1.85	5.05	3.34	0.0012 ***
	HD	0.22	2.20		
F3 - F4	HI	1.39	4.44	2.76	0.0078 **
	HD	0.51	3.45		
F7 - F8	HI	0.07	2.30	0.92	0.3618
	HD	-0.34	1.90		
Fp1 - Fp2	HI	0.44	3.88	1.44	0.1566
	HD	-0.02	3.29		

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Como podemos observar, existen diferencias significativas entre electrodos de los pares P3-P4, T5-T6, C3-C4, Pz-Fz y F3-F4; mostrando mayor actividad el electrodo situado en el hemisferio derecho en el caso del par P3-P4 y el situado en el hemisferio izquierdo en los casos restantes. Es de resaltar que los resultados son similares a los encontrados en la tarea 1, Lateralización Visual de Símbolos, añadiéndose en este caso el par de electrodos C3-C4.

Resumiendo los resultados encontrados en la tarea 2, Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento, se han encontrado valores significativos para las variables Par de Electrodos, Hemisferio y Par de Electrodos x Hemisferio.

En cuanto a Par de Electrodos, los que mejor discriminan los potenciales evocados tardíos son los localizados en las áreas centrales (P3-P4, C3-C4 y Pz-Fz), así como los relacionados con áreas motoras frontales (F3-F4) y áreas temporales (T5-T6). En todos los casos, con excepción del par P3-P4, el electrodo situado en el hemisferio izquierdo ha mostrado mayor actividad.

En cuanto al estudio de la variable Hemisferio, el izquierdo ha mostrado una mayor actividad que el derecho.

Por último, la interacción Par de Electrodos x Hemisferio ha mostrado diferencias significativas entre los electrodos que componen los pares ya mencionados anteriormente en Par de Electrodos, y en la misma dirección.

8.6.2.3. Resultados Generales del Estudio de Potenciales Evocados

Como hemos podido observar los resultados obtenidos en la tarea 1, Lateralización Visual de Símbolos, y la tarea 2, Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento, son muy similares. En ambos casos las variables que se han mostrado más relevantes han sido Par de Electrodos, Hemisferio y Par de Electrodos x Hemisferio.

Sin embargo, no se han encontrado valores significativos ni para Lateralidad (Diestros-Zurdos) ni para Actividad (Sedentarios-Deportistas), lo que implica la no existencia de diferencias en el proceso de elaboración de respuestas entre los distintos grupos estudiados; esto es, los deportistas no se diferencian de los sedentarios, ni los zurdos de los diestros, ni ninguno de los cuatro grupos resultantes del cruce de estas variables entre sí, en cuanto al proceso cognitivo de elaboración de respuestas.

Respecto a la variable Par de Electrodos, los resultados encontrados en las tareas 1 y 2 son también muy parecidos. En ambos casos los que mejor han discrimado han sido los localizados en áreas centrales, los relacionados con áreas motoras frontales y con áreas temporales, resultado este muy similar al encontrado por Johnson (1989). La única diferencia entre las dos tareas es la referida al par de electrodos C3-C4 que muestra diferencias significativas en la tarea dos y no en la una.

Como ya señalamos anteriormente, estos resultados concuerdan con el estado actual de la investigación en este campo que indica que son los electrodos localizados en las áreas centrales los que mejor discriminan los potenciales evocados visuales tardíos.

El estudio de la variable Hemisferio, ha puesto de manifiesto un marcado predominio del hemisferio izquierdo en ambas tareas. Este resultado supone un apoyo a la hipótesis propuesta por diversos autores de que es el hemisferio izquierdo el más implicado en tareas complejas de movimiento.

En lo que respecta a la interacción Par de Electrodos x Hemisferio, en ambas tareas se han encontrado resultados muy similares, con la pequeña diferencia de la inclusión del par C3-C4 en la tarea 2

En su conjunto, los resultados expuestos, referidos tanto a la variable Hemisferio como a la dirección de las diferencias en Par de Electrodos y Par de Electrodos x Hemisferio, ponen de manifiesto una marcada superioridad del hemisferio izquierdo sobre el derecho en las dos tareas, con la única excepción de las áreas parietales en las que el electrodo P4 situado en el hemisferio derecho muestra mayor actividad que el P3 situado en el hemisferio izquierdo.

8.6.3. Tiempo de Reacción

Seguiremos aquí el orden establecido en el apartado de potenciales evocados para la presentación de los datos.

Recordemos (ver apartado de Procedimiento) que las dos tareas experimentales incluían la medida de los tiempos de reacción. Así, en la tarea de Lateralización Visual de Símbolos el sujeto experimental presionaba el pulsador cuando aparecía el "estimulo infrecuente"; mientras que en la tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento, la presión sobre el pulsador debía realizarse justo en el momento en que los dos estímulos visuales móviles se superponían.

8.6.3.1. Tarea 1: Lateralización Visual de Símbolos

Se computó, en primer lugar, el número de errores para cada grupo; es decir, el número de veces que se presionaba el pulsador sin que se hubiese presentado el "estimulo infrecuente". Las medias y desviaciones típicas se presentan en la tabla 49.

Tabla 49: TIEMPO DE REACCION
Tarea de Lateralización Visual de Símbolos
Medias y Desviaciones Típicas de Errores para cada grupo

	SEDENTARIOS DIESTROS	SEDENTARIOS ZURDOS	DEPORTISTAS DIESTROS	DEPORTISTAS ZURDOS
M	0.94	0.83	0.83	0.42
Sx	0.87	0.94	0.86	0.51

Posteriormente, mediante el programa 2V del BMDP, se realizó un análisis de varianza para medidas repetidas (ver tabla 50) en el que se incluían Lateralidad, Actividad e interacción Lateralidad x Actividad (LA), comprobándose la no existencia de F significativas.

Tabla 50: TIEMPO DE REACCION
Tarea de Lateralización Visual de Símbolos
Análisis de Varianza de los Errores

	Suma de cuadrados	Grados Libertad	Media Cuadrática	F	P
Lateralidad	1.00278	1	1.00278	1.48	0.2294
Actividad	1.00278	1	1.00278	1.48	0.2294
LA	0.33611	1	0.33611	0.49	0.4846

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Este resultado implica que no existen diferencias entre los grupos en cuanto a los errores realizados en la ejecución de la tarea 1.

En segundo lugar se calculó el tiempo medio de reacción para cada uno de los grupos. Las medias y desviaciones típicas se presentan en la tabla 51, en unidades de milisegundos.

Tabla 51: TIEMPO DE REACCION
Tarea de Lateralización Visual de Símbolos
Medias y Desviaciones Típicas del Tiempo Medio de Reacción para cada grupo

	SEDENTARIOS DIESTROS	SEDENTARIOS ZURDOS	DEPORTISTAS DIESTROS	DEPORTISTAS ZURDOS
M	464.88	434.99	447.01	437.58
Sx	58.04	32.46	21.84	34.28

A partir de estos datos se realizó un nuevo análisis de varianza para medidas repetidas utilizando el mismo programa y las mismas variables que en el caso anterior. Los resultados pueden verse en la tabla 52.

Tabla 52: TIEMPO DE REACCION
Tarea de Lateralización Visual de Símbolos
Análisis de Varianza del Tiempo Medio de Reacción

	Suma de cuadrados	Grados Libertad	Media Cuadrática	F	P
Lateralidad	840.37849	1	840.37849	0.52	0.4723
Actividad	5562.54557	1	5562.54557	3.47	0.0679 -
AL	1506.58793	1	1506.58793	0.94	0.3368

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

En la tabla observamos que la lateralidad alcanza una F= 3.47, muy cercana a la significación estadística del 5% ($p \leq 0.06$). Este dato indica diferencias entre zurdos y diestros en cuanto a sus tiempos medios de reacción.

Realizadas las oportunas pruebas de t mediante el programa 3D del BMDP (Ver tabla 53) encontramos que los diestros presentan mayor tiempo de reacción que los zurdos, siendo esta diferencia muy cercana a la significación estadística.

Tabla 53:TIEMPO DE REACCION
Tarea de Lateralización Visual de Símbolos
Diferencias de medias entre Diestros y Zurdos en Tiempo Medio de Reacción

	DIESTRO	ZURDO	t	p
M	455.94	436.29	1.86	0.0673 -
Sx	44.16	32.68		

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Este resultado pone de manifiesto que los zurdos tienden a presentar unos tiempos de reacción más cortos que los diestros cuando estos tiempos se calculan de manera global.

Con vistas a precisar más este resultado anterior se han calculado los valores de los tiempos de reacción cuando el estímulo era presentado en la parte derecha de la pantalla y cuando lo eran en la parte izquierda.

Las medias y desviaciones típicas del tiempo de reacción ante estímulos presentados en la parte derecha de la pantalla pueden verse en la tabla 54.

Tabla 54: TIEMPO DE REACCION
Tarea de Lateralización Visual de Símbolos
Medias y Desviaciones Típicas del tiempo de reacción ante estímulos presentados en la parte derecha de la pantalla.

	SEDENTARIOS DIESTROS	SEDENTARIOS ZURDOS	DEPORTISTAS DIESTROS	DEPORTISTAS ZURDOS
M	451.23	437.26	441.78	447.85
Sx	65.46	46.85	23.94	33.41

A continuación se realizó, como en los casos anteriores, un análisis de varianza para medidas repetidas, cuyos resultados pueden verse en la tabla 55.

Tabla 55: TIEMPO DE REACCION
Tarea de Lateralización Visual de Símbolos
Análisis de Varianza del tiempo de reacción ante estímulos presentados en la parte derecha de la pantalla

	Suma de cuadrados	Grados Libertad	Media Cuadrática	F	p
Lateralidad	4.68516	1	4.68516	0.00	0.9627
Actividad	224.90807	1	224.90807	0.11	0.7462
AL	1446.53902	1	1446.53902	0.68	0.4129

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Este análisis puso de manifiesto la no existencia de F significativas para ninguna de las variables estudiadas, lo que implica la ausencia de diferencias entre grupos en tiempo de reacción cuando los estímulos eran presentados en la parte derecha de la pantalla.

Por último, las medias y desviaciones típicas del tiempo de reacción ante estímulos presentados en la parte izquierda de la pantalla pueden verse en la tabla 56.

Tabla 56: TIEMPO DE REACCION
Tarea de Lateralización Visual de Símbolos
Medias y Desviaciones Típicas del tiempo de reacción ante estímulos presentados en la parte izquierda de la pantalla.

	SEDENTARIOS DIESTROS	SEDENTARIOS ZURDOS	DEPORTISTAS DIESTROS	DEPORTISTAS ZURDOS
M	478.53	434.51	454.48	427.49
Sx	52.96	20.37	26.61	37.99

Seguidamente se realizó un nuevo análisis de varianza para medidas repetidas cuyo resultado puede verse en la tabla 57.

Tabla 57: TIEMPO DE REACCION
Tarea de Lateralización Visual de Símbolos
Análisis de Varianza del tiempo de reacción ante estímulos presentados en la parte izquierda de la pantalla

	Suma de cuadrados	Grados Libertad	Media Cuadrática	F	p
Lateralidad	3476.56536	1	3476.56536	2.43	0.1248
Actividad	18150.45632	1	18150.45632	12.68	0.0008 ***
AL	1043.63535	1	1043.63535	0.73	0.3968

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Este análisis puso de manifiesto la existencia de una F=12.68 altamente significativa para la variable Lateralidad ($p \leq 0.0008$); lo que indica grandes diferencias entre diestros y zurdos en cuanto a su tiempo de reacción ante estímulos presentados en la parte izquierda de la pantalla.

Para estudiar estas diferencias se realizaron las pruebas de t, mediante el programa 3D del BMDP (Ver tabla 58), encontrando que los diestros presentan tiempos de reacción considerablemente superiores a los de los zurdos ($p \leq 0.0009$, siendo esta diferencia altamente significativa.

Tabla 58: TIEMPO DE REACCION
Tarea de Lateralización Visual de Símbolos
Diferencias de medias entre Diestros y Zurdos en Tiempo de Reacción ante estímulos presentados en la parte izquierda de la pantalla

	DIESTRO	ZURDO	t	p
M	466.50	431.00	3.51	0.0009 ***
Sx	43.07	30.03		

- p ≤ .10 * p ≤ .05 ** p ≤ .01 *** p ≤ .001

Este resultado revela una mayor rapidez de los zurdos para emitir una respuesta ante estímulos presentados en la parte izquierda de la pantalla.

Resumiendo los resultados encontrados en la tarea 1 señalaremos que la Lateralidad (Diestros-Zurdos) en la única variable que ha mostrado resultados relevantes, no encontrándose diferencias entre grupos en tiempo de reacción atribuibles a la actividad (Deportistas-Sedentarios) o a la interacción Lateralidad x Actividad (LA).

Respecto a la lateralidad, los zurdos tienden a ser más rápidos en su tiempo de reacción ante estímulos visuales, siendo muy claramente superiores a los diestros cuando los estímulos visuales eran presentados en la parte izquierda de la pantalla.

No se han detectado, sin embargo, diferencias entre grupos cuando los estímulos eran presentados en la parte derecha de la pantalla, ni tampoco en cuanto al número de errores cometidos.

8.6.3.2. Tarea 2: Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento

Se calculó, en primer lugar, la media y desviación típica de errores para cada grupo, es decir, la media de tiempo que los sujetos anticipaban o retardaban la respuesta de presión del pulsador sobre el momento exacto de superposición de los dos estímulos móviles. En la tabla 59 se presentan estos resultados en unidades de milisegundo.

Tabla 59: TIEMPO DE REACCION
Tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento
Medias y Desviaciones Típicas en cada grupo.

	SEDENTARIOS DIESTROS	SEDENTARIOS ZURDOS	DEPORTISTAS DIESTROS	DEPORTISTAS ZURDOS
M	45.88	35.52	35.56	22.98
Sx	21.00	17.32	18.04	13.22

Posteriormente se realizó un análisis de varianza para medidas repetidas mediante el programa 2V del BMDP. Este análisis incluía Lateralidad, Actividad e interacción Lateralidad x Actividad (LA), comprobándose la existencia de F significativas para Actividad ($p \leq 0.01$) y Lateralidad ($p \leq 0.01$). Estos resultados pueden verse en la tabla 60.

Tabla 60: TIEMPO DE REACCION
Tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento
Análisis de Varianza del Tiempo de Reacción

	Suma de cuadrados	Grados Libertad	Media Cuadrática	F	p
Lateralidad	1880.2991	1	1880.2951	6.33	0.0150 **
Actividad	1894.6605	1	1.894.66052	6.418	0.0145 **
AL	17.6571	1	17.65715	0.04	0.8351

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Para comprobar la dirección de estas diferencias se realizaron pruebas de t para Actividad (Ver tabla 61) y para Lateralidad (Ver tabla 62) mediante el programa 3D del paquete BMDP.

Tabla 61: TIEMPO DE REACCION
Tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento
Diferencias de medias entre Sedentarios y Deportistas

	SEDENTARIO	DEPORTISTA	t	p
M	41.736	30.530	2.33	0.0234 *
Sx	19.974	17.214		

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Como podemos observar en la tabla 60, los sedentarios presentan unos tiempos de reacción significativamente mayores que los deportistas ($p \leq 0.02$). Este resultado revela una mayor precisión por parte de los deportistas, ya que como anteriormente indicamos lo que aquí se mide es el tiempo que los sujetos anticipan o retrasan la respuesta de presión del pulsador sobre el momento exacto de superposición de los 2 móviles.

Tabla 62: TIEMPO DE REACCION
Tarea de Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento
Diferencias de medias entre Diestros y Zurdos

	DIESTROS	ZURDOS	t	p
M	40.721	29.250	2.34	0.0230 **
Sx	19.991	16.371		

- $p \leq .10$ * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

La tabla 61 nos muestra unos tiempos significativamente mayores para los diestros que para los zurdos ($p \leq 0.02$). En este caso el resultado refleja una mayor precisión de los sujetos zurdos.

Resumiendo los resultados encontrados en la tarea 2, señalaremos la existencia de resultados significativos para la Actividad (Sedentarios-Deportistas) y Lateralidad (Diestros-Zurdos), no encontrándose diferencias atribuibles a la interacción Lateralidad x Actividad (LA).

Respecto a la Actividad, los deportistas muestran mayor precisión o si se desea menor tiempo de error, que los sedentarios.

Respecto a la Lateralidad, los zurdos muestran una mayor precisión que los diestros.

8.6.3.3. Resultados Generales del Estudio de Tiempo de Reacción

El estudio de tiempo de reacción ha puesto de manifiesto la diferencia entre diestros y zurdos en ambas tareas experimentales, Lateralización Visual de Símbolos y Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento. En ambos casos los zurdos han logrado mejores resultados, es decir mayor rapidez en la primera tarea, especialmente

cuando los estímulos visuales eran presentados por la parte izquierda de la pantalla; y mayor precisión en la segunda tarea, siendo menores sus tiempos de reacción.

La segunda tarea ha revelado también una superioridad de los deportistas sobre los sedentarios en cuanto a la precisión con que emitían su respuesta ante el cruce o superposición de los dos estímulos móviles.

Estos resultados confirman en gran medida, aunque no en todos los casos, los supuestos de partida explicitados en las distintas hipótesis.

Por otro lado, y tal y como señalábamos no se obtuvieron diferencias entre grupos en cuanto al número de errores en la tarea 1.

8.7. CONCLUSIONES Y DISCUSION

En este apartado nos referiremos a los resultados más relevantes y a aquellos que hacen referencia a las hipótesis de partida; ya que los resultados parciales, referidos a las distintas variables estudiadas, han sido señalados en los apartados correspondientes.

En el estudio previo de carácter **electroencefalográfico** hemos encontrado que, tanto para la condición de Ojos Cerrados como para la de Ojos Abiertos, han sido las bandas theta y alfa las que mejor discriminan entre grupos.

Pudieron también comprobarse diferencias entre deportistas y sedentarios, mostrando los primeros una mayor activación de la banda alfa en la condición de Ojos Abiertos y de la banda theta en las condiciones de Ojos Cerrados y Ojos Abiertos.

La aparición de la banda alfa con los ojos abiertos está relacionada, según Ray y Cole (1985), con procesos atencionales; lo que nos hace pensar que los deportistas presentaron un mayor nivel de atención que los sedentarios.

Respecto a la banda theta, en sujetos normales se puede observar durante el reposo, el sueño (estadío 1 y REM) y la ejecución de una tarea; si bien, diversos trabajos (Ishibara e Izumi, 1976; Inouye y cols., 1988) señalan que su incidencia durante el descanso y el sueño es poco frecuente. Nuestros resultados sugieren, sin embargo, que los deportistas presentan ondas theta con mayor frecuencia que los sedentarios en situación de reposo, siendo este resultado igualmente válido para la condición de Ojos Cerrados que para la de Ojos Abiertos.

Nuestro estudio ha puesto también de relieve, con respecto a la hemisfericidad, que en ambas condiciones (OC y OA) existía un predominio de la banda alfa en el hemisferio izquierdo; y en la condición OA, de la banda theta en el hemisferio derecho.

La banda alfa se asocia en la condición de Ojos Cerrados con estados de relajación activa, mientras que con Ojos Abiertos, como ya se señaló, se relaciona con procesos atencionales. Varios trabajos han relacionado también esta banda con distintos procesos cognitivos (Davidson y Ehrlichman, 1980; Galin y cols., 1982; Glass, 1984), señalándose, en algún caso, como índice de especialización hemisférica (Butler, 1988). Nuestros resultados indican que existiría, en todos los sujetos, un predominio de la banda alfa en el hemisferio izquierdo; o si se prefiere, una mayor especialización de este hemisferio para dicha banda. Por lo que respecta al predominio de la banda theta en el hemisferio derecho, no hemos encontrado referencias similares en la bibliografía consultada, por lo que esta supuesta especialización debería ser corroborada mediante otros trabajos.

A su vez, se comprobó la existencia de distintas interacciones, tal y como se ha señalado con detalle en los apartados correspondientes (ver conclusiones de cada estudio). Destacaremos aquí por su relevancia la interacción Hemisferio x Actividad, donde en la condición de Ojos Cerrados, los deportistas mostraron en su hemisferio izquierdo una mayor potencia de la banda alfa que los sedentarios. Este resultado es congruente con el recientemente obtenido por Martinez de Haro (1990), e implicaría una mayor facilidad para alcanzar estados de relajación por parte de los sujetos deportistas.

En relación a las hipótesis de partida, los distintos estudios realizados han puesto de manifiesto lo siguiente:

Respecto a las **hipótesis 1 y 2** que hacen referencia a **diferencias en activación cortical entre grupos**, el estudio de **potenciales evocados** mostró la no diferencia entre grupos (Deportistas-Sedentarios y Diestros-Zurdos), ni en la interacción de los mismos (Deportistas diestros, Deportistas zurdos, Sedentarios diestros y Sedentarios zurdos), siendo esto así en las dos tareas empleadas, no pudiéndose, por tanto, confirmar dichas hipótesis.

Los resultados han sido muy similares en los distintos grupos en las dos tareas realizadas. Esto implicaría la no existencia de diferencias en el proceso de elaboración de respuesta entre los distintos grupos estudiados; resultado éste lógico, a pesar de la dirección de nuestras hipótesis de partida, al tratarse en todos los casos de sujetos normales. Dicho de forma sencilla, ni la práctica deportiva, ni la lateralidad del sujeto implicaron cambios significativos en el proceso de elaboración de respuestas.

Las **hipótesis 3 y 4** hacen referencia a la **predominancia hemisférica** en las dos tareas empleadas, Lateralización Visual de Símbolos y Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento. En este caso, el estudio de **potenciales evocados** reveló un marcado predominio del hemisferio izquierdo en ambas tareas, confirmándose totalmente las hipótesis planteadas.

Este resultado supone un fuerte apoyo a la hipótesis, propuesta por diversos autores, de que el hemisferio izquierdo es el más implicado en tareas complejas de movimiento; ya que resultados similares han sido encontrados por Annett (1985), Geschwind y Galaburda (1987), Springer y Deutsch (1988) y muy recientemente por Rosenzweig y Leiman (1992).

Creemos que este resultado es compatible con el interesante modelo propuesto por Goldberg y Costa (1981), según el cual el hemisferio derecho posee una mayor habilidad para los procesos de integración intermodal y el procesamiento de nuevos estímulos; mientras que, el hemisferio izquierdo está más capacitado para los procesos unimodales y motores, así como para el almacenamiento de códigos breves. En el proceso de adquisición de un nuevo sistema desciptivo, el hemisferio derecho juega un papel fundamental en las etapas iniciales de adquisición, mientras que el hemisferio izquierdo es superior en la utilización de los códigos rutinarios.

Las **hipótesis 5 - 8** se refieren a diferencias entre grupos en **tiempo de reacción** ante las dos tareas experimentales. Todas ellas suponen ventajas de los deportistas sobre los sedentarios y de los zurdos sobre los diestros en ambas tareas.

Los resultados han puesto de manifiesto que los zurdos responden de una forma más rápida y precisa que los diestros en las dos tareas, confirmándose así las hipótesis 6 y 8. Este resultado contrasta con el obtenido en un trabajo anterior (Miguel-Tobal, 1986), donde se señalaba la no existencia de diferencias en tiempo de reacción entre diestros y zurdos cuando ejecutan la respuesta con su mano dominante. En ese estudio se trabajó con la técnica de hemicampos visuales mediante taquistoscopio. Es probable que la diferencia de resultados se deba a la diferencia de las tareas empleadas en uno y otro estudio; en el estudio de 1986 los estímulos visuales se presentaban siempre en el centro de la pantalla, mientras que, en el presente estudio aparecen en distintos lugares de la pantalla (tarea 1) o en movimiento (tarea 2). De ser así, los zurdos presentarían sólamente ventajas en tareas, no verbales, con estímulos lateralizados o en movimiento.

Por otro lado, los deportistas mostraron mayor precisión que los sedentarios en la segunda tarea, confirmándose así la hipótesis 7; pero no se encontraron diferencias significativas en tiempo de reacción entre deportistas y sedentarios en la primera tarea, por lo que no se confirma la hipótesis 5.

Recordemos, que la diferencia esencial entre la primera y segunda tarea consiste en que en esta última los estímulos se presentaban en movimiento, siendo en este caso donde los deportistas lograban una mayor precisión, no encontrándose diferencias entre deportistas y sedentarios en la tarea 1 ni en la medida complementaria del número de errores.

Este resultado puede implicar que la práctica deportiva mejoraría la precisión y el tiempo de reacción en situaciones relacionadas con estímulos visuales en movimiento. En esta línea, el trabajo realizado por McLeod (1987), en el que medía tiempo de reacción en jugadores profesionales de criket, señalaba que la percepción visual no presenta diferencia en cuanto a la velocidad de ejecución del sistema perceptual, pero sí en cuanto a la organización del sistema motor.

Esperamos que las conclusiones y comentarios aquí expuestos puedan servir de base para futuras investigaciones y ser de utilidad en la determinación de perfiles adecuados para la práctica de distintas modalidades deportivas.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

ADEY, W.R. y WALTER, D.O. (1967): Automatised analysis of EEG. *Data Seventh International Conference on Medical and Biological Engineering*, Stockholm.

AGGLETON, J.P. y WOOD, C.J. (1990): Is there a left-handed advantage in ballistic sports?. *International Journal of Sport Psychology, 21 (1)*, 46-52.

AHERN, G.L.; SCHOMER, D.L.; KLECFIELD, J.; BLUME, H.; COSGROVE, G.R.; WEINTRAUB, S. y MESULAM, M.M. (1991): Right hemisphre advantage for evaluating emotional facial expresions. *Cortex, 27*, 193-202.

AKELAITIS, A.J. (1941): Studies on the corpus callosum II: the higher visual functions in each homonymous field following complete section of the corpus callosum. *Archives of Neurology and Psychiatry, 45*, 788-796.

ALBERCA LORENTE, R. (1963) : Datos para el estudio de la Psicopatología espacial. *Rev. de la Universidad de Madrid* Vol. XX, 41, 187-227.

ALEMA, G.; ROSADINIG, F. y ROSSI, G.F. (1961) : Psychic reactions associated with intracarotid amytal inyection and relation to brain damage. *Excerpta med. Int. Cong. Sena, 37*, 154-155.

ALLEN, M. (1964) : Models of hemispheric specialization. *Psychological Bulletin, 93*, 73-104.

ALLEN, M. (1983): Models of hemispheric specialization. Psychological *Bulletin, 93*, 73-104.

ANDRE, J.M. (1992): *Praxis Médica. VII. Neurología y Psiquiatría.* Madrid, Praxis Médica.

ANNETT, M. (1964): A model of the inheritance of handeeness and cerebral dominance. *Nature, Lond., 204*, 59-60.

ANNETT, M. (1970a) : A model of the inheritance of handedness and cerebral dominance. *Nature, 204*, 59-60.

ANNETT, M. (1970b) : A clasification of hand preference by association analysis. *British Journal of Psychology, 61*, 303-321.

ANNETT, M. (1982) : Handedness. En Beaumont (Ed.): Divided *Visual Fiedld Studies of Cerebral Organization.* London, Academic Press.

ANNETT, M. (1985): *Left, Right, Hand and Brain: The Right Shift Theory.* London, Lawrence Erlbaum Associates.

ANNETT, M. y ANNETT, J. (1979): Individual differences in right and left reaction time. *British Journal of Psychology, 70,* 393-404.

ATO, M. (1984): El tiempo de reacción como variable dependiente: algunas cuestiones de procedimiento experimental. *Anales de Psicología, 1,* 209-224.

AZEMAR, G. (1970): *Sport et Lateraltité.* Les Asymétries Fonctionnelles. París, Ed. Universitaires.

AZEMAR, G.; RIPOLL, H.; STEIN, J.F. y SIMONET, P. (1984): Les gauchers et le sport une illustration des processus centraux de contróle visuo-moteur. *Actas de Journée de Médecine Physique et de Rééducation.* París, 158-175.

BARRETT, S.E. y RUGG, M.D. (1990): Event-related potentials and the phonological matching of picture names. *Brain Lang., 38 (3),* 424-437.

BARRET, G.; BLUMHARDT, L.; HALLIDAY, A.M.; HALLIDAY, E. y KRISS, A. (1976): A paradox in the laterisation of the visual evoked response. *Nature, 261,* 253-255.

BARTON, M.I.; GOODGLASS, H. y SHAI, A. (1965): Differential recognition of tachistoscopically presented english and hebrew words in right and left visual fields. *Perceptual and Motor Skills, 21,* 431-437.

BAUMEISTER, A.A. y WARD, C.L. (1967) : Effects of rewards upon the reaction times of mental defectives. *Americam Journal Ment. Defic, 71,* 801-805.

BAVER y WEPMAN (1955); citado por ROJO, M. (1984) en: La *Asimetría Cerebral y la Experiencia Psicológica y Patológica del Tiempo.* Valencia, Gregori, p.123.

BEAUMONT, J.G. (1974): Handedness and hemisphere function. En E. Dimond y J.G. Beaumont (Eds.): *Hemisphere Function in the Human Brain.* New York, Wiley.

BEAUMONT, J.G. (1982): *Divided Visual Field Studies of Cerebral Organization.* London, Academic Press.

BEAUMONT, J.G. (1983): *Introduction to Neuropsychology.* Oxford, Blackwell Scientific Publications.

BELYAEV, I. (1984): Functional asymmetry. *Soviet Sports Review, 22 (1)*, 49-51.

BENTON, A.L. (1990): Facial recognition. *Cortex, 26*, 491-499.

BENTON, A.L.; VARNEY, N.R. y HAMSHER, K.S. (1978): Lateral differences in tactile directional perception. *Neuropsychologia, 16*, 109-114.

BERGAMINI, L. y BERGAMASCO, B. (1967): Possibility of the clinical use of sensor y evoked potentials transcranially recorded in man. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 26*, 114-122.

BERTONCINI, J.; MORAIS, J.; BIBELJAC-BABIC, R.; McADAMS, S.; PERETZ, I.P. y MEHLER, J. (1990): Dichotic perceptio and laterality in neonates. *Brain and Language, 37*, 591-605.

BEST, C.T.; HOFFMAN, H. y GLANVILLE, B.B. (1982): Development of infant ear asymmetries for speech and music. *Perception and Psychophysics, 31*, 75-85.

BINGLEY, C. (1958): Mental symptoms in temporal lobe epilepsy and temporal lobe glioma. *Acta Neurologica Scandinavia, 33*, suppl. 120.

BIRBAUMER, N.; ELBERT, T.; CANAVAN, A.G.M. y ROCKSTROH, B. (1990) : Slow potentials of the cerebral cortex and behavior. *Physiological Reviews, 70 (1)*, 1-41.

BIRBAUMER, N.; ELBERT, T.; ROCKSTROH, B. y LUTZENBERGER, W. (1991): Potenziali corticali lenti e comportamento. En L. Stegagno (Ed.): *Psicofisiología II. Correlati Fisiologici dei Processi Cognitivi e del Comportamento.* Torino, Bollati Boringhieri.

BLAN, A. (1964); citado por **ROJO, M.** (1984) en *La Asimetría Cerebral y la Experiencia Psicológica y Patológica del Tiempo.* Valencia, Gregori, p. 123.

BLOCH, F. (1946). Citado por Gili, J. (1988): en: Tomografía por resonancia magnética nuclear. Recuerdo histórico. *Medicine, 9*, 11-12.

BLUMSTEIN, S.; GOODGLASS, H. y TARTTER, V. (1975): The reliability of ear advantage in dichotic listening. *Brain and Languaje, 2*, 226-236.

BOGEN, J.E. (1969a): The other side of the brain I. Disgraphia and Dyscopia following cerebral commissurotomy. *Bull. of the L.A. Neural. Soc., 34*, 73-105.

BOGEN, J.E. (1969b) : The other side of the Brain II. An appositional mind. *Bull. of the L.A. Neurolog. Soc., 34*, 135-162.

BOGEN, J.E. y GAZZANIGA, M.S. (1965): Cerebral comisurotomy in man. Minor hemisphere dominance for certain visuo-spatial functions. *J. Neurosurg, 23*, 394-339.

BOROD, J.C.; KOFF, E.; PERLMAN-LORCH, M. y NICHOLAS, M. (1986): The expression and perception of facial emotion in brain damaged patiens.*Neuropsychologia, 24*, 169-180.

BOSTEM, F.A. (1975): A system of acquiring and treatment neurophysiological information for sinoptic representation. En G. Dolce y H. Kunkel (Eds.): *CEAM. Computerized EEG Analysis*. Stuttgart, G. Fisher.

BOTWINICK, J. y THOMPSON, L.W. (1966): Premotor and motor components of reaction time. *Journal of Experimental Psychology, 21*, 9-15.

BOUCART, M. (1989): Influence des conditions de presentation sur les asymétries hémisphériques dans une tache de comparaison de formes. *L'Anée Psychologique, 89*, 255-276.

BRACEWELL, R.M.; HUSAIN, M. y STEIN, J.F. (1990): Specialization of the right hemisphere for visuomotor control. *Neuropsychologia, 28 (7)*, 763-775.

BRANDEIS, D. y LEHMANN, D. (1986): Event-related potentials of the brain and cognitive processes: approaches and applications. *Neuropsychología, 24 (1)*, 151-168.

BRANDEIS, D. y LEHMANN, D. (1989): Segments of event-related potential map series reveal landscape changes with visual attention and subjective contours. *Eletroencephalogr. Clin. Neurophysiol., 76 (6)*, 507-519.

BRADSHAW, J.L. y NETTLETON, N.C. (1981): The nature of hemispheric specialization in man. *The Behavioral and Brain Sciences, 4*, 51-92.

BRADSHAW, J.L. y NETTLETON, N.C. (1983): *Human Cerebral Asymmetry*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall.

BREBNER, J. (1980): Reaction time and personality. En A.T. Welford (Ed.): *Reaction Times*. London, Academic Press.

BREBNER, J. y WELFORD, A.T. (1980): Introduction. En A.T. Welford (Ed.): *Reaction Times*. Chicago, Academic Press.

BRENTON, F.; PINCEMAILLE, Y; TARRIERE.C. y RENAULT, B. (1991): Event-related potential assessment of attention and orienting reaction in boxers before and after a fight. *Biol. Psychol., 31 (1)*, 57-71.

BROCA, P. (1861); citado por SPRINGER, S.P. y DEUTSCH, G. (1984) en: *Cerebro Izquierdo, Cerebro Derecho*. Barcelona, Gedisa, p. 23.

BROCA, P. (1864); citado por CRITCHLEY, M. (1970) en: *Aphasiology and Other Aspects of Language*. London, Edward Arnold.

BRODIE, E. (1989): Manual asymmetry in weight discrimination: hand preference or hemispheric specialization?. *Cortex, 25*, 417-423.

BRUYER, R. (1986) : Hand differences in reaction times to laterally displayed visual stimuli. *Cahiers de Psychologie Cognitive, 6 (1)*, 5-20.

BRYDEN, M.P. (1970): Dichotic listening relations with handedness and reading in children. *Neuropsychologia, 8*, 443-450.

BRYDEN, M.P. (1977): Measuring handedness with questionaries. *Neuropsychology, 15*, 617-624.

BRYDEN, M.P. (1982): *Laterality Functional Asymmetry in the Intact Brain.* London, Academic Press.

BRYDEN, M.P. y LAKE. D.A. (1976) : Handedness and sex differences in hemispheric asymmetry. *Brain and Language, 3*, 226-282.

BURGER, H. (1929); citado por SPRINGER, S.P. y DEUTSCH, G. (1984) en: *Cerebro Izquierdo, Cerebro Derecho.* Barcelona, Gedisa, p. 101.

BUSCHBAUM, M. y FEDIO, P. (1970): Hemispheric differences in evoked potentials to verbal and nonverbal stimuli on the left and right visual field. *Physiology and Behavior, 5*, 207-210.

BUTLER, S. (1988): Alpha asymmetry, hemispheric specialization and the problem of cognitive dynamics. En D. Giannitrapani y L. Murri (Eds.): *The EEG of Mental Activities.* Basel, Karger.

CACERES, J. (1990): Introducción a la tomografía computadorizada. *Medicine, 58*, 573-575.

CALLE-GUGLIERI, J.A. (1977): *Sistema Nervioso y Sistemas de Información.* Madrid, Pirámide.

CARDINALI, D.P. (1992): *Manual de Neuropsicología.* Madrid, Díaz de Santos.

CHABRIS, C.F. y HAMILTON, S.E. (1992): Hemispheric specialization for skilled perceptual organization by chessmasters. *Neuropsychologia, 30 (1)*, 47-57.

CHIARELLO, C. y RICHARDS, L. (1992): Another look at categorical priming in the cerebral hemispheres. *Neuropsychologia, 30 (4)*, 381-392.

CHRISTIAENS, L.; BIZEC, P.R.; MAURIN, P. y PLANQUES, J. (1962): Les gauchers au travail. *VII è Journ. Nat. Med. Trav. Masson.* París.

CHURCH, R.M. y CAMP, B.S. (1965): Change in reaction as a function of knowledge of results. *Americam Journal of Psychology, 71*, 102-106.

CLARKSON, P.M. (1978): The effect of age and activity level on simple and choice reaction time. *Eur. J. Apple. Physiol., 40*, 17-25.

CLARKSON, P.M. y KROLL, W. (1978): Practice effects on fractioned response time related to age and activity level. *Journal of Motor Behavior, 10*, 266-275.

COHN, N.B.; KIRCHER, J.; EMMERSON, R.Y. y DUSTMAN, R.E. (1985): Pattern reversal evoked potentials: age, sex and hemispheric asymmetry. *Electroencephalography and Clinical neurophysiology, 62*, 399-405.

COLLINS, R.L. (1970): The sound of one paw clapping: an inquiry into the origins of left handedness. En G. Lindzey y D.D. Thiessen (Eds.): *Contributions to Behavior-Genetic Analysis: The Mouse as a Prototype*. New York, Meredith Corporation.

COLLINS, D.; POWELL, G. y DAVIES, I. (1991): Cerebral activity prior to motion task performance: an electroencephalographic study. *J. Sports Sci., 9 (3)*, 313-324.

CONRAD (1949): Uber aphasiche sprachtsorungeu bei hiruverlezten linkshanderm. *Nervenarzt, 20*, 148-154.

COOLEY, J.W. y TURKEY, J.W. (1976): An algrithm for the machine calculation of complex. *Fourier series, Math Comp., 19*, 297-301.

COPPOLAR, R. (1986): Localization of pharmaco - EEG effects. *Symposium of Topographic Mapping of EEG and Evoked Potentials. Clinical applications*. Febrero 14-15, Chicago.

CORBALIS, M.C. (1980): Laterality and myth. *Americam Psychologist, 35*, 284-295.

CORBALIS, M.C. (1983): *Human Laterality*. New York, Academic Press.

CORBALIS, M.C. (1989): The race for face. *European Bulletin of Cognitive Psychology, 9*, 60-64.

CORBALIS, M.C y MORGAN, M.J. (1978): On the biological basis of human laterality: I evidence for a madurational left-right gradient. *The Behavioral and Brain Sciences, 2*, 261-336.

COREN, S. y PORAC, C. (1978): The validity and reliability of self-report items for the measurement of lateral preference. *British Journal of Psychology, 69,* 209-211.

COREN, S.; PORAC, C. y DUNCAN, P. (1979): A behaviorally validated self-report inventory to assess four types of lateral preference. *Journal of Clinical Neuropsychology, 1,* 55-64.

CRABBE, J.M. y JOHNSON, G.O. (1979): Age groups male and female choice reaction times performance during face to face competition. *International Journal of Sport Psychology. 10,* 231-328.

CROVITZ, H.F. y ZENER, F. (1962): A group-test for assessing hand and eye dominance. *American Journal of Psychology, 75,* 271-276.

CURRY, F.W.K. (1967) : A comparison of left-handed and right handed subjects on verbal and nonverbal dichotic listening tasks. *Cortex, 3,* 343-352.

CURRY, F.K.W. y RUTHERFORD, D.R. (1967): Recognition and recall of dichotically presented verbal stimuli by right and left-handed persons. *Neuropsychologia, 5,* 119-126.

DALBOKOVA, D.; GEILLE, H.G. y ULLSPERGER, P. (1990): Amplitude variations in P300 component clue to impredictable estepwise change of stimulus probability. *Int. J. Psychophisiol., 10 (1),* 33-38.

DAMASIO, A.; CHUI, H.; CORBETT, J. y KASSEL, N. (1980): Posterior callosal section in a non-epileptic patient. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 43,* 351-356.

DARK, A. (1984): Sex differences and asymmetries of catecholamines: relation to turning preferences. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior, 20 (3),* 327-330.

DAVIDSON, R.J. y EHRLICHMAN, H. (1980): Lateralised cognitive processes and the electroencephalogram. *Science, 207,* 1005-1006.

DAVIDSON, R.J. y FOX, N.A. (1982): Asymmetrical brain activity discriminates between positive and negative affective stimuli in human infants. *Science, 218*, 1235-1237.

DAVIDSON, R.J. y SCHWARTZ, G.E. (1976): Patterns of cerebral lateralization during cardiac feedback versus the self-regulation of emotion. Sex differences. *Psychophysiology, 13*, 62-68.

DAWSON, G.D. (1947): Cerebral responses to electrical stimulation of periferal nerve in man. *J. Neural. Neurosurg. Psychiat., 10*, 134-140.

DAWSON, G.D. (1954): A summatias technique for the detection of small evoked potentials. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol, 6*, 65-84.

DELAMONICA, E.A. (1984): *Electroencefalografía.* Buenos Aires. El Ateneo.

DELPON, E.; DOLISI, C.; SUISSE, G.; BODINO, G. y GASTAUD, M. (1991): Visual evoked potentials: differences related to physical activity. *Int. J. Sports Med., 12 (3)*, 293-298.

DENNEBERG, V.H. (1981): Hemispheric laterality in animals and the effects of early experience. *The Behavioral and Brain Sciences, 4*, 1-49.

DERUELLE, C. y SCHONEN, S. (1991): Hemispheric asymmetries in visual pattern processing in infancy. *Brain and Cognition, 16*, 151-179.

DESMEDT, J.E. (1980): P300 in Serial Tasks: An essential postdecision closure mechanism. En H. Kornhuber y M. Deecke (Eds.): *Progress in Brain Research, Vol. 54.* Amsterdam, Elsevier/Nort-Holland.

DESMEDT, J.E. y DEBECKER, J. (1979): Wave from and neural mechanism of the decision P350 elicited without prestimulos CNV or readiness potential in randon sequences of near-threshold auditory clicks and finger stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 47*, 648-670.

DIRKS, D. (1964) : Perception of dichotic and monaural verbal material and Cerebral dominance in speech. *Acta Otolaringológica, 58*, 73-80.

DITUNNO, P.L. y MANN, V.A. (1990): Right hemisphere specialization for mental rotation in normals and brain damaged subjects. *Cortex, 26*, 177-188.

DIXON, W.J. (1991): *BMDP Statistical Software*. Berkeley, California, University of California Press.

DONCHIN, E. (1979): Event-related brain potentials: a tool in the study of human information processing. En H. Begleiter (Ed.): *Evoked Brain Potentials and Behavior*. New York, Plenum Press.

DONCHIN, E. (1981): Surprise! .... Surprise?. *Psychophysiology, 18*, 493-513.

DONCHIN, E. y COHEN, L. (1979): Averaged evoked potentials and intramodality selective attention. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiolgy, 22*, 537-546.

DONCHIN, E. y COLES, H.G. (1988): Is the P300 component a manifestation of context updating?. *Behav. Brain Sci., 11*, 357-427.

DONCHIN, E.; KARIS, D.; BASHORE, T.R.; COLES, M.G.H. y GRATTON, G. (1986): Cognitive Psychophysiology and human information processing. En M.G.H. Coles, E. Donchin y S.W. Porges (Eds.): *Psychophysiology: Systems, Processes, and Applications*. Amsterdam, Elsevier.

DONCHIN, E.; KRAMER, A.F. y WICKENS, CH. (1986): Applications of brain event-related potentials to problems in engineering psychology. En M.G.H. Coles, E. Donchin y S.W. Porges (Eds.): *Psychophysiology: Systems, Processes, and Applications*. Amsterdam, Elsevier.

DONCHIN, E.; RITTER, W. y McCALLUM, W.C. (1978): Cognitive psychophysiology: The endogenous components of the ERP. En E. Callaway, P. Tueting y S.H. Koslow (Eds.): *Brain Event-Related Brain Potentials in Man*. New York, Academic Press.

DOUGLAS, H. y BENTON, M. (1963): Lenguage laterality in left handed aphasics. *Brain, 77*, 521-548.

DOYLE, J.C.; ORNSTEIN, R. y GALIN, R. (1974): Lateral Specialization of cognitive mode. II. EEG frecuency analysis. *Psychophysiolgy, 11*, 567-578.

DREYFUS, B.C. y CURZI, D.L. (1975): The E.E.G. during the first year of life. En A. Remond (Ed.): *Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. Amsterdam, Elsevier.

DUENDORF, M. y KIMURA, D. (1971): Right hemisphere specialitation for depth perception reflected in visual field differences. *Nature, 231*, 394-395.

DUFFY, F.H. (1982): Topographic display of evoked potentials. Clinical applications of brain electrical activity mapping (BEAM). *Annals of New York Acad. Sc., 388*, 183-196.

DUFFY, F.H. (1986): Topographic mapping: clinical applications. *Syumposium of Topographic Mapping of EEG and Evoked Potentials. Clinical applications*. Febrero, 15-15, Chicago.

DUFFY, F.H. (1989): Topographic mapping of brain electrical activity: clinical applications and issues. En K. Maured (Ed.): *Topographic Brain Mapping of EEG and Evoked Potentials*. Berlin, Springer-Verlag.

DUFFY, F.H.; BURTCHFIELD, J.L. y LOMBROSO, C.T. (1979): Brain electrical activity mapping (BEAM): A method for extending the clinical utility of EEG and evoked potential data. *Ann. Neurol, 5*, 309-321.

DUFFY, F.H.; IYER, V.G. y SURWILLO, W.W. (1989): *Clinical Electroencephalography and Topographic Brain Mapping. Technology and practice*. Berlin, Springer-Verlag.

DUFFY, F.H. y MAURER, K. (1989): Establishment of guidelines for the use of topographic mapping in clinical neurophysiology: a philosophical approach. En K. Maured (Ed.): *Topographic Brain Mapping of EEG and Evoked Potentials*. Berlin, Springer-Verlag.

DUMMERMUTH, G. (1965): *Electroencephalographie in Kindesalter*. Stuttgart, S. Georg Thieme, p. 287.

DUNCAN-JOHNSON, G.C. y DONCHIN, E. (1977): On quatifying susprise: the variation in event related potentials with subjective probability. *Psychophysiology, 14*, 456-467.

DUNHAM, P. (1989): Coincidence-anticipation performance of adolescent baseball players and non players. *Perceptual and Motor Skills, 68 (3)*, 1151-1156.

ECCLES, J.C. (1992): *La Evolución del Cerebro: Creación de la Conciencia.* Barcelona, Labor.

ECG-OLFSSON, Q. (1971): The development of the E.E.G. in normal adolescents from the age of 16 through 21 years. *Neuropädiat, 3*, 11-45.

ELMADJIAN, F. y KOSLOW, S.H. (1978): Preface. En J. Callaway, B. Tueting y C. Koslow (Eds.): *Event-Related Brain Potentials in Man.* New York, Academic Press.

ELLIS, H.D. y YOUNG, A.W. (1989): Are faces special?. En A.W. Young y H.D. Ellis (Eds.): *Handbook of Research on Face Processing.* Oxford, North-Holland.

EMMERT, H. y FLÜGEL, K.A. (1989): Topographic mapping of somatosensory representation areas. En K. Maurer (Ed.): *Topographic Brain Mapping of EEG and Evoked Potentials.* Berlin, Spinger-Verlag.

ERICKSON, T.C. (1940): Spread of epileptic discharge, *Archives of Neurology and Psychiatry, 43*, 429-452.

ESPIR, M.L.F. y ROSE, F.C. (1983): *The Basic Neurology of Speech and Language.* Oxford, Blackwell Scientific Publications.

ETCOFF, N.L. (1984): Perceptual and conceptual organization of facial emotions. Hemispheric differences. *Brain and Cognition, 3*, 385-412.

FAIRWEATER, H. (1982): Sex differences little reason for females to play midfield. En J.G. Beaumond (Ed.): *Divided Visual Field Studies of Cerebral Organization.* London, Academic Press.

FEIN, G.; GALIN, D.; YINGLIND, C.D.; JOHNSTONE, A.J. y NELSON, M.A. (1984): EEG spectra in 9-13 years old boys are stable over 1 to 3 years. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 58*, 517-518.

FLAMENT, F. (1976): *Coordination et Prévalence Manuelles chez les Nourrissons*. París, Editions du CNRS.

FOX, N.A. y DAVIDSON, R.J. (1987): EEG asymmetry in response to approach of a stranger and maternal separation in 10 month old infants. *Developmental Psychology, 23*, 233-240.

FOX, N.A. y DAVIDSON, R.J. (1988): Patterns of brain electrical activity during facial signs of emotions in 10 month old infants. *Developmental Psychology, 24*, 230-236.

FRIBERG, O. y KVIST, M. (1988): Factors determining the preference of takeoff leg in jumping. *International Journal of Sports Medicine, 9 (5)*, 349-352.

FURST, C. J. (1976): EEG asymmetry and visuospatial performance. *Nature, 260*, 254-255.

GAINOTTI, G. (1981): Clinical neuropsychology and the left-hemisphere dominance for language. *The Behavioral and Brain Sciences, 4*, 70-71.

GALABURDA, A.M.; GESCHWIND, N; LeMAY, M. y KEMPER, T.L. (1978): Right-left asymmetries in the brain. *Science, 199*, 852-856.

GALIN, D. (1974): Implications for psychiatry of left and right cerebral specialization. A neuropsychological context for unconscience processes. *Archives of General Psychiatry, 31*, 572-583.

GALIN, D. y ELLIS, R.R. (1975): Asymmetry in evoked potentials as an index lateralized cognitive processes: relation to EEG alpha asymmetry. *Psychophysiology, 13*, 45-50.

GALIN, D. y ORNSTEIN, R. (1972): Lateral specialization of cognitive mode: an EEG study. *Psychophysiology, 9*, 412-418.

GALIN, D.; ORNSTEIN, R.; HERRON, J. y JOHNSTONE, J. (1982): Sex and handedness differences in EEG measures of hemispheric specialization. *Brain Lang., 16*, 15-55.

GARCIA DE LEON, M. (1988): Evaluación de las funciones cognitivas mediante técnicas de cartografía cerebral. *Neurofisiología Clínica, 1*, 21-27.

GARCIA DE LEON, M.; DIEZ CUERVO, A. y GONZALEZ SANZ, L. (1987): Evaluación de las funciones cognitivas mediante la cartografía cerebral (mapping). *Actas del III Simposium Internacional de Ingeniería Biomédica.* Madrid, 589-596.

GARCIA-MERITA, M. (1984) : Asimetría cerebral y lateralización de funciones. *Boletín de Psicología, 4*, 51-75.

GARFIELD, C.A. y BENNETT, H.Z. (1987): *Rendimiento Máximo. Las Técnicas de Entrenamiento Mental de los Grandes Campeones.* Barcelona, Martinez Roca.

GAROL y KNAPS, (1981); citado por SANZ, L. (1985) en: *Evaluación Psico-Neurofisiológica de los efectos secundarios sobre el Sistema Nervioso Central de la medicación antiepiléptica.* Memoria de Licenciatura. Madrid. Facultad de Medicina de la Universidad Complutense.

GEFFEN, G.; BRADSHAW, J.L. y WALLACE, G. (1971): Interhemispheric effectson reaction time to verbal and nonverbal visual stimuli. *Journal of Experimental Psychology, 87*, 415-422.

GEISLER, M.W. y POLICH, J. (1992): P300 and individual differences: morning/evening, activity preference, food and time of day. *Psychophysiology, 29 (1)*, 86-94.

GESCHWIND, N. (1970): The organization of language and the brain. *Science, 170*, 940-944.

GESCHWIND, N. (1979): Especializaciones del cerebro humano. *El Cerebro.* Investigaciones y Ciencia, *10*, 128-138.

GESCHWIND, N. (1980): Especializaciones del cerebro humano. *Monografía sobre El Cerebro. Investigación y Ciencia.* Barcelona, Labor.

GESCHWIND, N. y GALABURDA, A.M. (1985): Cerebral lateralization. Biological mechanisms, associations and pathology: I A hypothesis and a program for research. *Arch. Neurol., 42,* 428-459.

GESCHWIND, N. y GALABURDA, A.M. (1987): *Cerebral Lateralization. Biological Mechanisms, Associations, and Pathology.* London, MIT Press.

GESCHWIND, N. y LEVITSKY, W. (1968): Human brain: left-right asymmetries in temporal speach region. *Science, 161,* 186-187.

GIANNITRAPANI, D. (1975): Spectral analysis of the EEG. En G. Dolce y H. Künkel (Eds.): *CEAN: Computerized EEG Analysis.* Stuttgart, Gustav Fischer.

GILI, J. (1988): Tomografía por resonancia magnética nuclear. Recuerdo histórico. *Medicine, 9,* 11-12.

GIOUX, M.; ARNE, P.; PATY, J. y BENSCH, C. (1984): Cognitive potentials and skill acquisition in sports. *Sixth Tnternational Conference on Event-Related Slow Potentials of the Brain (EPIC VI): Motor Control.* Illinois, Lake Forest/Chicago.

GLASS, A. (1984): Cognitive and EEG asymmetry. *Biol. Psychol., 19,* 213-217.

GLONING, K. y QUATEMBER, R. (1966): Statistical evidence of neuropsychological syndromes in left-handed and ambidestrous patients. *Cortex, 2,* 484-488.

GOFF, W.R. (1974): Human avarage evoked potential: pocedures for stimulating and recording. En R.F. Thompson y Pattersons (Eds.): *Biselectric Recording Techniques, part B.* New York, Academic Press.

GOLDBERG, E. y COSTA, L. (1981): Hemisphere differences in the acquisition and use of descriptive systems. *Brain and Language, 14,* 144-173.

GOLDMAN, P.S. (1972): Developmental determinants of cortical plasticity. *Acta Neurobiologiae Experimentalis, 32*, 495-511.

GOLDMAN, P.S.; VIVIAN, W.E.; CHIEN, C.K. y BOWES, H.N. (1948): Electronic mapping of the activity of the heart and brain. *Science, 24*, 720-723.

GOODIN, D.S.; WALTZ, D.A. y AMINOFF, M.J. (1985): Task dependent hemisphere asymmetries of the visual evoked potential. *Neurology, 35*, 378-384.

GOTO, M.; OKUDA, J.; IKEJIRI, Y.; NISHIKAWA, T.; HIROSE, M.; TANABE, H.; NII, Y.; NAKATANI, S. y SHIRAISHI, J. (1991): Somatosensory evoked potentials to median nerve stimulation after partial section of the corpus callosum. *Journal Nourol., 238 (3)*, 161-167.

GROVITZ, H. (1962): On direction on drawing person. *Journal Consult. Psychol., 26*, 196.

GUIARD, Y. (1982): Prevelence laterale et specialisation hemispherique: le gaucher dans l'élite sportive. *Psychologie - Francaise -, 27 (3)*, 285-297.

GUNDARA, N. y ZIVANOVIC, S. (1968): Asymmetry in Est African skulls. *Amer. J. Phys. Antrop., 28*, 381-338.

HAIMOVIC, I.C. y PEDLEY, T.A. (1982): Hemi-field pattern reversal visual evoked potentials. pt.1, Normal subjects; pt.2, Lesions of the chiasm and posterior visual pathways. *Electroencephal. Clin. Neurophysiol., 54*, 111-131.

HALLIDAY, A.M. (1978): Clinical applications of evoked potentials. En A. Matthews y D. Glases (Eds.): *Recent Advances in Clinical Neurology*. Livingstone, Churchill.

HALLIDAY, A.M.; DAVISON, K.; BROUWN, M.V. y KREEGER, L.C. (1968): Comparison of effects on depression and memory bilateral E.E.G. an unilateral E.C.T. to the dominant and non dominant hemisphere. *Br. J. Psychiat., 114*, 997-1012.

HAMMOND, E.J.; BARBER, C.P. y WILDER, B.J. (1989): Flash visual evoked potential topographic mapping: normative and clinical data. En K. Maured (Ed.): *Topographic Brain Mapping of EEG and Evoked Potentials.* Berlin, Springer-Verlag.

HARDYCK, C. (1977): A model in of individual differences hemispheric functioning. En Whitaker y Whitaker (Eds.): *Studies in Neurolinguistics, 3.* London, Academic Press.

HARDYCK, C.; PETRINOVICH, L. y GOLDMAN, R. (1976): Left-handedness and cognitive deficit. *Cortex, 12,* 226-279.

HARMENBERG, J.; CECI, R.; BARVESTAD, P.; HJERPE, K. y NYSTROM, J. (1991): Comparison of different tests of fencing performance. *Int. J. Sports Med., 12 (6),* 573-576.

HARRIS, A.J. (1978): *Tests de dominancia lateral.* Madrid, TEA.

HARRIS, L.J. y CARLSON, D.F. (1988): Pathological left-handedness: an analysis of theories and evidence. En D.L. Molfese y S.J. Segalowitz (Eds.): *Brain Lateralization in Children: Developmental Implications.* New York, Guilford Press.

HAWN, P.R. y HARRIS, L.J. (1983): Hand differences in graps duration and reaching in two and five month old infants. En G. Young, S. Segalowitz, C.M. Carter y S. Thehub (Eds.): *Manual Specialization and the Developing Brain.* New York, Academic Press.

HECAEN, H.; DE AGOSTINI, M y MONZON-MONTES, A. (1981): Cerebral organization in left-handeds. *Brain and Lenguage, 12,* 261-284.

HECAEN, H. y ALBERT L. (1978): *Human Neuropsychology.* New York, Zilev.

HECAEN, H. y ANGELERGUES, R. (1962): Agnosia for face (Prosopagnosia). *Arch. Neurol. Psychiat., 75,* 400-434.

HECAEN, H. y SAUGUET, J. (1971): Cerebral dominance in left-handed subjects. *Cortex, 7,* 19-48.

HEILMAN, K.M.; SCHWARTZ, H. y WATSON, R.T. (1977): Hypoarousal in patients with the neglet syndrome and emotional indifference. *Neurology, 28*, 229-232.

HELLIGE, J.B. (1990): Hemispheric asymmetry. *Annu. Rev. Psychol., 41*, 55-80.

HENNINGER, P. (1992): Handedness and lateralization. En A.E. Puente y R.J. McCaffrey (Eds.): *Handbook of Neuropsychological Assessment. A Biopsychosocial Perspective*. New York, Plenum Press.

HENRY, F.M. (1960): Influence to motor and sensory sets on reaction latency and speed of discrets movements. *Research Quaterly, 31*, 459-468.

HICKS, R.E. y KINSBOURNE, M. (1978): Human handedness. En M. Kinsbourne (Ed.): *Asymmetrical Function of the Brain*. Cambridge, Cambridge University Press.

HILLYARD, S.A. y KUTAS, M. (1983): Electrophysiology of cognitive processing. *Ann. Rev. Psychol., 34*, 33-61.

HISCOK, M. y KINSBOURNE, M. (1980): Asymetries of selective listening and attention switching children. *Develop. Psychol., 16*, 70-82.

HODGKINS, J. (1963): Reaction time and speed of movement in s and females of various ages. *Research Quarterly, 34*, 335-343.

HOLLOWAY, R.L. y LaCOSTE-LAREYMONDIE, M.C. (1982): Brain endocast asymmetry in pongids and hominids: some preliminary findings on the paleontology of cerebral dominance. *American Journal of Physical Anthropology, 58*, 101-110.

HOMES, O.R. y PANHUYSEN, L. (1970): Bilateral intracarotyd amytal inyection. *Psychiat. Neurol. Neurolchir., 73*, 147-459.

HOOVEY, Z.B.; HEINEMANN, U. y CREUTZFEDT, O.D. (1972): Inter-hemispheric synchrony of alpha waves. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 1*, 405-420.

HUGDAHL, K. y ANDERSON, L. (1984): A dichotic listening study of differences in cerebral organization in dextral and sinistral subjects. *Cortex, 20 (1)*, 135-141.

HUMPHREY, M.E. y ZANGWILL, B. (1952): Dysphasia in left-handed patientes with unilateral lesions. *J.Nerv. Neurosurger. Psychiatrie, 15*, 184-193.

INOUYE, T.; ISHIHARA, T.; SHINOSAKI, K.; TOI, S. y UKAY, S. (1988): EEG characteristics of frontal midline theta activity. En D. Giannitrapani y L. Murri (Eds.): *The EEG of Mental Activities*. Basel, Karger.

ISHIHARA, T. e IZUMI, M. (1976): Distribution of the Fm theta on the scalp in mental calculation, resting and drowsy states (in Japanese). *Rinsho Noha/ Clin. Electroenceph., 18*, 638-644.

JACKSON, J.H. (1865): Clinical remarks on cases of defects of expression (by words, writing, sings, etc.) in diseases of the nervous system. *Lancet, 2*, 604.

JACKSON, J.H. (1868): Defect of intellectual expression (aphasia) with left hemiplegia. *Lancet, 14*, 457.

JACKSON, J.H. (1876): Case of large tumour without neuritis and with left hemiplegia and imperception. *Royal London Opthalmic Hospital Report, 8*, 434.

JASPER, H.H. (1958): The ten-twenty, electrode system of the International Federation. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 10*, 371-375.

JEEVES, M.A. (1961): Changes in performance at a serial reaction task under conditions of advance and delay of information. *Ergonomics, 4*, 329-338.

JEWETT, D.; ROMANO, H.W. y WILLISTON, J.S. (1970): Human auditory evoked responses: possible brain stem componentes detected on the scalp. *Science, 167*, 1.517-1.518.

JOHN, E.R.; PRICHEP, L. AHN, H.; EASTON, P.; FRIDMAN, J. y KAYE, H. (1983): Neurometricevaluation of cognitive dysfunctions and neurological disorders in children. *Prog. Neurobiology, 21*, 239-290.

JOHNSON. R. (1989): Developmental evidence for modality-dependent P300 generators a normative study. *Psychophysiology, 26 (6)*, 651-667.

KENNEDY, F. (1916): Shock-braindness, the causation factor in the so-called "crosses aphasia". *American Journal of Medical Sciences, 16*, 849-859.

KIMURA, D. (1961): Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Psychology, 15*, 166-171.

KIMURA, D. (1966): Dual functional asymmetry of the brain in visual perception. *Neuropsychologia, 4*, 275-285.

KIMURA, D. (1967) : Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex, 3*, 167-178.

KIMURA, D. (1969): Spatial localizationing left and right fields. *Canadian Journal of Psychology, 23*, 445-458.

KIMURA, D. (1973a): The asymmetry of the human brain. *Scientific American, 228 (3)*, 70-78.

KIMURA, D. (1973b): Manual activity during speackin II. *Left Handeds Neuropsychologia, 11*, 55-56.

KIMURA, D. (1979): La asimetría del cerebro humano. *Psicología Fisiológica.* Barcelona, Blume.

KINSBOURNE, M. (1970): The cerebral basis of lateral asymmetries in ettention. En A.F. Sanders. *Acta Psicológica, 33.*

KINSBOURNE, M. (1982): Hemispheric Specialization and the growth of human undestanding. *American Psychologist, 37*, 411-420.

KLARKSON, P.M y KROLL, W. (1978): Practice effects on fractioned response time related to age and activity level. *Journal of Motor Behavior, 10*, 266-275.

KLIMESCH, W.; PFURTSCHELLER, G.; MOHL, W. y SCHIMKE, H. (1990): Event-related desynchronization, ERD-mapping and hemispheric differences for words and numbers. *Int. J. Psychophysiol., 8 (3)*, 297-308.

KNAPP, B. (1963): *Skill in Sport.* London, Routledge y Kegan Paul.

KNIGHT, R.T.; HILLYHARD, S.A.; WOOD, D.L. y NEVILLE, H. (1980): The effects of frontal and temporal parietal lesions on the auditory evoked potential in man. *Elentroencephal. Clin. Neurophysiol., 50,* 112-124.

KNOX, C. y KIMURA, D. (1970): Cerebral processing of non-verbal sounds in boys and girls. *Neuropsychologia, 8,* 227-237.

KOPELMAN, M.D. (1982): Speech dominance, handedness and electro-convulsions. *Psychological Medicine, 12,* 667-670.

KRAFT, R.H. (1984): Lateral specialization and verbal spacial ability in preschool children: age, sex and familial handedness differences. *Neuropsychologia, 22 (3),* 319-335.

KUTAS, M.; McCARTHY, G. y DONCHIN, E. (1977): Augmenting mental chonometry: the P300 as a measure of stimulus evaluation time. *Science, 197,* 792-795.

LANDERS, D.M.; OBERMEIER, G.E. y WOLF, M.D. (1977): The influence of external stimuli and eye color on reactive motor behavior. En A.D.M. Landers y R.W. Chistina (Eds.): *Psychology of Motor Behavior and Sport.* Illinois, Human Kinetics.

LANDERS, D.M.; PETRUZZELLO, S.J.; SALAZAR. W.; CREWS, D.J.; KUBITZ, K.A.; GANNON, T.L. y HAN, M. (1991): The influence of electrocortical biofeedback on performance in pre-elite archers. *Med. Sci. Sports Exerc., 23 (1),* 123-129.

LAMMERS, W.J. y BADIA, P. (1989): Habituation of P300 to target stimuli asymmetry. En J.G. Beaumont (Ed.): *Psychobiology.* New York, JoHn Wiley and Sons.

LASSEN, N.A. e INGVAR, D.H. (1972): Radioisotopic assessment of regional cerebral blood flows. *Progress in Nuclear Medicine, 1.* Baltimore, University Press.

LE BIHAN, D. (1985): *Imaginerie par Resonance Magnetique. Bases Physiques.* París, Masson.

LE GUEN, R. y DEBOUZY, C. (1987): Principe, structure el utilisation d'un appareillage de cartographie d'EEg quantitative. En P. Rondot, J. Gaches y C. Sebban (Eds.): *Cartographie EEG: Méthodologie et Applications Cliniques.* París, Frisan Roche.

LEHMANN, D. (1971): Multichannel topography of huma alpha EEG fields. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 31,* 439-449.

LeMAY, M. (1972): Human brain-morphologic differences in the hemisphere demostrable by carotid arteriography. *The New England of Medicine, 287,* 168-170.

LeMAY, M. y CULEBRAS, A. (1972): Human brain: morphological differences in the hemispheres demostrable by carotid arteriography. *New England Journal of Medicine, 287,* 168-170.

LeMAY, M. y GESCHWIND, N. (1975): Hemispheric differences in the brains of great apes. *Brain Behav. Evol., 11,* 48-52.

LEON-CARRION, J. (1986): *Diagnóstico Clínico en Psicología.* Sevilla, Alfar.

LEON-CARRION, J.; CALVO MAURI, J.F.; BARROSO MARTIN, J.M.; HERNANDEZ LOZANO, S. y DOMINGUEZ MORALES, M.R. (1990): Aspectos evolutivos de la lateralidad humana. Un enfoque neuropsicológico. *Psiquis, 11,* 11-20.

LEVY, J. (1969): Possible basis for the evolution of lateral specialization of human brain. *Nature, 224,* 614-615.

LEVY, J. (1976): Psychobiological implications of bilateral asymmetry. En J.G. Beaumont (Ed.): *Psychobiology.* New York, John Wiley and Sons.

LEVY, J. y NAGYLAKI, T. (1972): A model for the genetics of handedness. *Genetics, 72,* 117-128.

LEVY, J. y REID, M. (1976): Variations in writing posture and cerebral organization. *Science, 194,* 337-339.

LEVY, J. y REID, M. (1978): Variations in cerebral organization as a function of handedness, hand posture in writing, and sex. *Journal of Experimental Psychology: General, 107,* 119-144.

LEWIS, T.L.; MAURER, D. y KAY, D. (1978): Newborn's central vision: whole or hole?. *Journal of Experimental Child Psychology, 26,* 193-203.

LEY, R.G. y BRYDEN, M.P. (1979): Hemispheric differences in processing emotions and faces. *Brain and Language, 7,* 127-138.

LILLY, C.A. (1950): A method of recording the moving electrical potential gradients in the brain: the 25 channel bavatron an electroiconograms. *Conference on Electronics in Nucleonics and Medicine.* New York, An. Inst. Electron. Eng.

LIVANOV, M.N. y ANANIEV, W.M. (1955): Electrophysiological study of the spread of activity in the rabbit cerebral cortex. *Fiziol. ZH SSSR, 41,* 461-469.

LOMBROSO, C.T. y DUFFY, F.M. (1980): Brain electrical activity mapping as an adjunt to CT scanning. *Advances in Epileptology; XIth Epilepsy International Symposium.* New York, Raven Press.

LOPEZ-MOYA, J.J. (1992): *Potenciales Evocados Auditivos. Introducción a su Conocimiento y Valoración Clínica.* Madrid, Ciencia 3.

LURIA, A.R. (1966): Higher cortical function in man. New York, Basic Books.

LURIA, A.R. (1974): *Cerebro y Lenguaje.* Barcelona, Fontanella.

LURIA, A.R. (1983a): *Las Funciones Psíquicas Superiores y su Organización Cerebral.* Barcelona, Martinez Roca.

LURIA, A.R. (1983b): Organización funcional del cerebro. En D. Smirnov (Ed.): *Fundamentos de Psicofisiología.* Madrid, Siglo XXI.

LURIA, A.R. y SIMERNITSKAYA, E.G. (1977) : Interhemispheric relations and the functions of the minor hemisphere. *Neuropsychologia, 15,* 175-178.

MANGA, D.; BALLESTEROS, S. y FOURNIER, C. (1984b): Aspectos verbales y espaciales en la asimetría de procesamiento hemisférico visual. *Revista de Psicología General y Aplicada, 39 (3)*, 449-515.

MANGA, D. Y FOURNIER, C. (1985): Procesamiento de estímulos con presentación taquistoscópica lateralizada y juicios de congruencia derecha-izquierda. *Psiquis, 6 (6)*, 53-62.

MANGA, D.; GONZALEZ, M.J.; MORENO, J.A. y FOURNIER, C. (1984a): Perspectivas actuales de la neurpsicología de la zurdera. *Informes de Psicología, 3*, 51-61.

MARC DAX (1836); citado por SPRINGER, S.P. y DEUTSCH, G. (1984): *Cerebro Izquierdo Cerebro Derecho*. Barcelona, Gedisa, p. 15.

MARSHALL, J.C. (1973): Some problems and paradoxes associated with recent accounts of hemispheric specialization. *Neuropsychologia, 11*, 463-470.

MARTENS, R. (1982): Per comprendre l'estress a la competició. *Apunts d'Educació Fisica i Medicina Esportiva, 19*, 257-267.

MARTINEZ DE HARO, V. (1990): *El deporte en la salud pública. Estudio de sus efectos a través de los mapas cerebrales*. Tesis Doctoral. Madrid. Facultad de Medicina de la Universidad Complutense.

MARTINEZ DE HARO, V.; GARCIA DE LEON, M. y GONZALEZ SANZ, L. (1988): Electroencefalograma computarizado y reflejo psicogalvánico en deportistas. *Archivos de Medicina del Deporte, 4 (15)*, 257-262.

MATOUSEK, M. y PETERSEN, I. (1973): Frequency analysis of the EEG in normal children (1-15 years) and in normal adolescents (16-21 years). En P. Kellaway y I. Petersen (Eds.): *Automation of Clinical Electroencephalography*. New York, Raven Press.

MATSUOKA, S. (1990): Theta rhythms: state of consciousness. *Brain Topogr., 3 (1)*, 203-208.

MATVEIEV, L.P. (1977): *Principios del Entrenamiento Deportivo*. Moscú, Cultura Física y Deporte.

MAZZIOTTA, J.C. y PHELPS, M.E. (1983): Human neuropsychological imaging studies of local brain metabolism and blood flow: strategies and results. *Archives of Neurology, 40*, Abstracts p. 767.

McCARTHY, G. y DONCHIN, E. (1981): A metric for thought: a comparison of P300 latency and reaction time. *Science, 211*, 77-80.

McCARTHY, F. y TONG, J.E. (1980): Alcohol and velocity of perception II: stimulus discrimination. *Perceptual and motor Skills, 51*, 968-970.

McGLONE, J. y DAVIDSON, W. (1973): The relation between cerebral speech laterality and spatial ability with special reference to sex and hand preference. *Neuropsychologia, 11*, 105-113.

McLEOD, P. (1987): Visual reaction time and high-speed ball games. *Perception, 16 (1)*, 49-59.

MECACCI, L. (1985): *Radiografía del Cerebro.* Barcelona, Ariel.

MECACCI, L. (1991): Potenziali evocati e attività cognitive. En L. Stegagno (Ed.): *Psicofisiologia, Volume 2: Correlati Fisiologici dei Processi Cognitivi e del Comportamento.* Torino, Bollati Borringhieri.

MECACCI, L. y SPINELLI, D. (1987): Hemispheric asymmetry of patternreversal visual evoked potentials in healt by subjects. *Int. J. Psychophysiol., 4*, 325-328.

MECACCI, L.; SPINELLI, D y VIGGIANO, M.P. (1990): The effects of visual field size onhemisphericasymmetry of pattern reversal visual evoked potentials. *Int. J. Neurosci, 51*, 141-151.

MESULAM, M.M. (1981): A cortical network directed attention and unilateral neglect. *Ann. Neurol., 10*, 309-325.

MEYER, P. (1985): *Fisiología Humana.* Barcelona, Salvat.

MIGUEL-TOBAL, F. (1986): *Lateralidad y Deporte: Un estudio comparativo del tiempo de reacción en sujetos diestros y zurdos.* Memoria de Licenciatura. Madrid. Facultad de Medicina de la Universidad Complutense.

MILES, W.R. (1980): *Test ABC de dominancia ocular.* Madrid. TEA.

MILNER, B.; BRANCH, C. y RASMUSEN, T. (1964): Observations on cerebral dominance. En D. Rench y T. O'Connor (Eds.): *Disorders of Language (CIBA Foundation Symposium).* London, Churchill.

MILNER, B.; CORKIN, S. y TEUBER, H.L. (1968): Further analysis of the hippocampal amnesic syndrome: 14 year follow-up study of H.H. *Neuropsychologia, 6,* 216-234.

MISHKIN, M. y FORGAIS, D.G. (1952): Word recognition as a function of retinal locus. *Journal of Experimental Psychology, 43,* 42-48.

MOHR, J.P. (1976): Broca's area and Broca's aphasia. *Studies in Neurolinguistics, 1,* 201-235.

MOLFESE, D.L.; FREEMAN, R.B. Jr. y PALERMO, D.S. (1975): The ontogeny of the brain lateralization for speech and non-speech stimuli. *Brain and Language, 2,* 356-386.

MOLFESE, D.L. y MOLFESE, V.J. (1980): Cortical responses of pre-term infants to phonetic and non-phonetic speech stimuli. *Developmental Psychology, 16,* 574-581.

MOSCOVITCH, M. (1973): Language and the cerebral hemispheres: reaction time studies and their implications for models of cerebral dominace. *Communication and Afect: Language and througth.* New York, Academic Press.

MOSCOVITCH, M. (1976): On the representation of language in the right hemisphere of right-handed people. *Brain and Language, 3,* 47-71.

MOSCOVITH, M. (1979): Information processing and the cerebral hemispheres. En L. Gazzaniga (Ed.): *The Handbook of Behavioral Neurobiology, Volumen II, Neuropsychology.* New York, Plenum Press.

MOSCOVITCH, L. (1986): Afferent and efferent models of visual perceptual asymmetries: theorical and empirical implications. *Neuropsychologia, 24,* 91-114.

MOTOKAWA, K. (1942): Die analyse der perioden in normalen elektroencephalogramm des menschen. *Tohoku, J. Exp. Med., 42*, 9-20.

MOTOKAWA, K. (1944): Die verteilung der elektrischen aktivität auf der kopfschwarte und ihre beziehung zur cytoarchitektonik der grobhirnrinde des menschen. *Jpn. J. Med. Sci. Biol., 3 (10)*, 99-111.

MOTOKAWA, K. y TUZIGUTI, K. (1944): Uber vektordiagramme fur die gehirnelektrischen erscheinungen des menschen. *Tohoku J. Exp. Med., 48*, 73-86.

MYERS, R.E. (1955): Interocular transfer of pattern discrimination in cats followind section of crossed optic fibres. *J. Comp. Psychologie Psychol., 48*, 470-473.

MYERS, R.E. (1956): Function of Corpus Callosum in interocular transfer. *Brain, 79*, 358-363.

MYERS, R.E. y SPERRY, R.W. (1958): Interhemispheric communication trough the corpus callosum. Mnemonic carry-over between the hemispheres. *Archives of Neurology and Psychiatry, 80*, 298-303.

MYKLEBUST, H.R. (1967): Learning disabilities psychoneurologically disturbed children: ehavioral correlates of brain dysfunctions. *Procedures American Psychopathology Association, 56*, 228-230.

NUWER, M.R. (1986): Clinical aplications of topographic mapping in epileptics and other neurologic disorders. *Symposium of Topographic Mapping of EEG and Evoked Potentials. Clinical applications*. Febrero 14-15. Chicago.

NAESER, M.A. y BOROD, J.C. (1986): Aphasia in left-handers: lesion site, lesion side, and hemispheric asymmetries on CT. *Neurology, 36*, 471-488.

NEWCOMBE, F. y RATCLIFF, G. (1973): Handedness, speech lateralization, and ability. *Neuropsychologia, 11 (4)*, 339-407.

NISHIHIRA, Y.; ARAKI, H. e ISHIHARA, A. (1990): Supression of cerebral evoked potentials preceding rapid reaction movement. *J. Sports Med. Phys. Fitness, 30 (3)*, 291-296.

O'CONNOR, T.; citado por DANIEL WILSON, S. (1981) en: The *Right Hand, Left - Handedness*. London, Mcmillan and Co. (Nature Series).

OLDENDORF, W.H. (1983): Principles of imaging structure by Nuclear Magnetic Resonance. *Archives of Neurology, 40,* 767-768.

OLDFIELD, R.C. (1971): The assessment and analysis of handedness: The Edimburg Inventory. *Neuropsychologia, 9,* 97-113.

OLLER, L. y ORTIZ, T. (1987): *Mapas de Actividad Eléctrica Cerebral.* Madrid, Garsi.

ORTIZ, T. (1986): Potenciales evocados y neuropsicología. *Revista de Psicología General y Aplicada, 41 (6),* 1.127-1.148.

ORTIZ, T.; NAVARRO, M. y VILA, E. (1991): Diferencias topográficas en la banda alfa durante la discriminación fonémica. *Revista de Psicología General y Aplicada, 44 (3),* 285-289.

OSTROSKY-SOLIS, F. y ARDILA, A. (1986): *Hemisferio Derecho y Conducta. Un enfoque Neuropsicológico.* México, Trillas.

OWEN, J. y DAVIS, H. (1985): *Evoked Potential Testing. Clinical Applications.* Orlando, Grume and Stratton, Inc.

PACHELLA, R.G. (1974) : The interpretation of reaction time in information - processing aproach. En B.H. KANTO WITZ (Eds.): *Human Information Processing: Tutorials in Performance and Cognition.* New York, L.E.A.

PATERSON y ZANGWILL (1944); citado en ROJO, S.M. (1984): *La Asimetría Cerebral y la Experiencia Psicológica y Patológica del Tiempo.* Valencia, Gregori, Pág. 154.

PEELE, T.L. (1961): *The Neuroanatomic Basis for Clinical Neurology.* New York, McGraw-Hill Book Co.

PENFIELD, W. y ROBERTS, L. (1959): *Speech and Brain Mechanisms.* En N.J. Princeton (Ed.). Princeton, University Press.

PEROT, P.L. (1973): The clinical use of somatosensory evoked potentials in spinal cord injury. *Clin. Neurosurg., 20,* 367-381.

PERSON, A. y HJORTH, B. (1983): EEG topgram an aid in describing EEG to the clinical. *Electroenceph. Clini. Neurophysiol., 56,* 399-405.

PETERS, H. (1983): Differentiation and lateral specialization in motor development. En G.P Young, S. Segalowitz, C.M. Carter y S. Trehub (Eds.): *Manual Specialization and the Developing Brain*. New York, Academic Press.

PETERSEN, I. y ECG-OLOFSSON, Q. (1970/71): The development of the E.E.G. in normal children from the age of 1 throught 15 years: non-paroxysmal activity. *Neuropädiat, 2,* 247-304.

PETSCHE, H. (1989): From Graphein to topos: past and future of brain mapping. En K. Maurer (Ed.): *Topographic Brain Mapping of EEG and Evoked Potentials*. Berlin, Springer-Verlag.

PFURTSCHELLER, G. (1989): EEG mapping: Current statud and future prospects. *Med. Prog. Technol., 14 (2),* 89-97.

PICTON, T.W.; HILLYARD, S.A.; RAUSZ, H.I. y GALAMBOS, R. (1974a): Human auditory evoked potentials. I: evaluation of components. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol, 36,* 179-190.

PICTON, T.W.; HILLYARD, S.A. (1974b): Human auditory evoked potentials. II: effects of attention. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 36,* 191-199.

PICTON, T.W.; WOODS, D.L.; BARIBEAN-BRAUN, J. y HEALEY, M.G. (1977): Evoked potential audiometry. *J. Otolaryngol., 6,* 90-119.

PLATONOV, V.N. (1988): *El Entrenamiento Deportivo. Teoría y Metodología*. Barcelona, Paidotrivo.

PLUM, F.; GJEDDE, A. y SAMSON, F.E. (1976): Neuroanatomical functional mapping by the radiactive 2-dioxy-d-glucosa method. *Neurosciences Research Program Bulletin, 14,* 457-518.

POLLEN, D.A. y TRACHTENBERG, M.C. (1972): Some problems of occipital alpha block in man. *Brain Researches, 41*, 303-314.

PORAC, C. y COREN, S. (1981): *Lateral Preferences and Human Behavior.* New York, Springer.

PORAC, C.; COREN, S.; SIFIGER, J.R. y DUNCAN, P. (1980): Human laterality: A multidimensional approach. *Canadian Journal of Psychology, 34*, 91-96.

PREVIC, F.H. (1991): A general theory concerning the prenatal origins of cerebral lateralization in humans. *Psychological Review, 98 (3)*, 299-334.

PRIER, S.; BENOIT, C. y CAMBIER, J. (1986): Activités verbales, visuospatiales et de calcul mental étudiées par cartographie EEG chez les sujets droitiers normaux. *Communication Devant la Société d'EEG et de Métabolisme Cérébral.* Junio, 6-7, Montpellier.

PRITCHARD, W.S. (1981): Psychophysiology of P300. *Psychological Bulletin, 89 (3)*, 506-540.

PROTEAU, L.; LEVESQUE, L.; LAURENCELLE, L. y GIROUARD, Y. (1989): Decision making in sport: The effect of stimulus-response probability on the performance of a coincidence-anticipation task. *Res. Q. Exerc. Sport, 60 (1)*, 66-76.

PURCELL, E. (1946). Citado por Gili, J. (1988): Tomografía por Resonancia Magnética Nuclear. Recuerdo histórico. *Medicine, 9*, 11-12.

RAMSAY, D.S. (1983): Unimanual hand preference and duplicated syllabe babbling in infants. En G. Young, S. Segalowitz, C.M. Carter y S. Trehub (Eds.): *Manual Specialization and Developing Brain.* NEW York, Academic Press.

RASMUSSEN, T. y MILNER, B. (1977): The role of rearly left brain injury in determining lateralization of cerebral speech function. *Annals of the New York Academy of Sciences, 299*, 355-369.

RAY, W.J. y COLE, H.W. (1985): EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes. *Science, 228*, 750-752.

REBAI, M.; MECACCI, L.; BAGOT, J-D. y BONNET, C. (1986): Hemispheric asymmetries in the visual evoked potentials to temporal frequencies: preliminary evidence. *Perception, 15,* 589-594.

REBAI, M.; MECACCI, L.; BAGOT, J-D. y BONNET, C. (1989): Influence of spatial frequency and handedness on hemispheric asymmetry in visually steady-state evoked potentials. *Neuropsychologia, 27,* 315-324.

REITAN, R.M. y TARSHERS, J. (1959): Differenctial effects of lateralised brain lesions on the Trail Making Test. *Journal Nerv. Dis., 129,* 257-262.

REMOND, A. (1955): Orientations et tendences des methodes topographiques dans l'étude de l'activité electrique du cervean. *Rev. Neuol.,* 93, 399-410.

RISBERG, J.; HALSEY, J.H.; WILLS, E.L. y WILSON, E.M. (1975): Hemispheric specialization in normal man studied by bilateral measurements of the regional cerebral blood flow: A study with the 133 Xe inhalation technique. *Brain, 98,* 511-524.

RIGGS, L.A. (1977): Electrophysiological techniques for studying visual function in man: a historial overview. *J. Opt. Soc. Am., 67,* 1451-1457.

RIZZOLATTI, G.; UMILTA, C. y BERLUCCHI, G. (1971): Opposite superiorities of the right and left cerebral hemispheres in discriminative reaction time to phisiognomical and alphabetic material. *Brain, 94,* 431-442.

ROCA, J. (1980): Effects of warming-up on reaction time and movement in the lower extremities. *International Journal of Sport Psychology, 11,* 165-171.

ROCA, J. (1983): *Tiempo de Reacción y Deporte.* Barcelona, Generalitat de Catalunya - INEF.

RODIN, E. (1991): P3 latency determination by global field power in normal subjects. *J. Clin. Neurophysiol., 8 (1),* 88-94

ROJO, M. (1984): *La Asimetría Cerebral y la Experiencia Psicológica y Patológica del Tiempo.* Valencia, Gregori.

ROMERO MEDINA, A. y GARCIA IZQUIERDO, M. (1985): Evolución y aplicaciones de la técnica dicótica como medida de la diferenciación hemisférica. *Psiquis, 6 (4)*, 52-60.

ROSENZWEIG, M.R. (1951) : Representation of the two ears at the auditory cortex. *Americam Journal of Psysiology, 167*, 147-158.

ROSENZWEIG, M.R. y LEIMAN, A.I. (1992): *Psicología Fisiológica.* Madrid, McGraw-Hill.

ROSSI, B. y SALMASO, D. (1985): Mancino se possibile. *Rivista di Cultura Sportiva, 4 (2)*, 30-35.

ROSSI, B. y ZANI, A. (1986) : Differences in hemispheric functional asymmetry between athletes and nonathletes: evidence from a unilateral tactile matching task. *Perceptual and Motor Skills, 62 (1)*, 295-300.

RUBENS, A.B. (1977): Anatomical asymmetries of the human cerebral cortex. En S. Harnard, R.W. Doty, L. Goldstein, J. Jaynes y G. Krauthammer (Eds.): *La Lateralization in the Nervous System.* Nueva York, Academic Press.

RUGG, M.D. (1982): *Electrophysiological Studies.* En G. Beaumont (Ed.). New York, Academic Press.

RUGG, M.D.; LINES, C.R. y MILNER, D. (1985): Further investigation of visual evoked potentials elicited by lateralized stimuli: effects of stimulus eccentricity and reference site. *Electroencephal. Clin. Neurophysiol., 62*, 81-87.

RUOFF, P.; DOERR, H.; FULLER, P.; MARIN, D. y RUOFF, L.O. (1981): Motor and cognitive interactions during lateralized cerebral functions in children: an EEG study. *Cortex, 17*, 5-18.

RUSSELL, W.R. y ESPIR, M.L.E. (1961): *Traumatic Aphasia.* Oxford, University Press.

SAGE, G.H. (1977): *Introduction to Motor Behavior: A Neuropsychological Approach.* Reading, Massachusetts, Adison-Wesley P.C.

SALMASO, D. (1980) : Hemispheric differences on a novel task requering attention. *Perceptual and Motor Skills, 51*, 383-391.

SALMASO, D.; ROSSI, B. y GUADAGNI, S. (1988): Mancinismo e sport. *Rivista di Cultura Sportiva, 7 (12)*, 32-38.

SALVADOR, A.; GUMA, J.R. y CLAVERO, J.A. (1992): Resonancia magnética. Historia, desarrollo y perspectivas. *JANO, 995 (42)*, 101-107.

SANZ, L. (1985): *Evaluación Psico-Neurofisiológica de los Efectos Secundarios sobre el Sistema Nervioso Central de la Medicación Antiepiléptica.* Memoria de Licenciatura. Madrid. Facultad de Medicina de la Universidad Complutense.

SATZ, P. (1980): Incidence of aphasia in left-handers: A test of some hypothetical models of cerebral speech organization. En J. Herron (Ed.): *Neuropsychology of Left-Handedness.* New York, Academic Press.

SATZ, P.; STRAUSS, E. y WHITAKER, H. (1990): The ontogeny of hemispheric specialization: some old hypoteses revisited. *Brain Lang., 38 (4)*, 596-614.

SCARPINO, O.; GUIDI, M. y BOCIONI, G. (1990): Topographic EEG analysis. Methods for graphic representation and applications. *Acta Neurol., 12 (5)*, 410-426.

SCHACHTER, S.C. y GALABURDA, A.M. (1986): Development and biological associations of cerebral dominance: review and possible mechanisms. *Journal the American Academy of Child Psychiatry, 25 (6)*, 741-750.

SCHEICH, H. y SIMON, O. (1971): Parameters of alpha activity during the performance of motor tasks. *Electroencephalography and Neurophysiology, 31*, 357-363.

SCHMITT, R. (1990): State and complexity-dependent symmetry identification of 2 dimensional patterns and evoked potentials?. *Z. Psyschol., 194 (4)*, 471-490.

SCHONEN, S. (1977): Functional asymmetries in the development of bimanual coordinations in human infants. *Journal of Human Movements Studies, 3*, 144-156.

SCHONEN, S. y DERUELLE, C. (1991): Spécialisation hémisphérique et reconnaissance des formes et des visages chez le nourrisson. *L'Année Psychologique, 91*, 15-46.

SEBBAN, C.; DEBOUZY, C. y BERTHAUX, P. (1984): EEG quantifié et cartographie numérisee. *Maladies et medicaments/drugs and diseases, 1*, 176-181.

SEGALOWITZ, S.J. y BRYDEN, M.P. (1983): Individual differences in hemispheric representation of language. En S.J. Segalowitz (Ed.): *Language Functions and Brain Organization.* New York, Academic Press.

SELLAN, C. (1991): Registro de los potenciales evocados: aproximación a los componentes P300 y N400. *Revista de Psicología General y Aplicada, 144 (3)*, 317-322.

SERGENT, J. (1982): The cerebral balance power: confrontation o cooperation. *Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance, 8*, 253-272.

SERRA, LL. y SERRA, C. (1990): Advances in evoked potential recording. A historical review. *Acta Neurol., 12 (6)*, 429-439.

SHANKWEILER, D. y STUDDERT-KENNEDY, M. (1967): Hemispheric specialization for speech perception. *Journal Acoust. Soc. Amer., 48*, 579-594.

SHEFSKY, M.; STENSON, H. y MILLER, L. (1980): Hemispheric Asymmetry: a signal detection analysis. *Perceptual and Motor Skills, 51*, 599-604.

SIMON, O. (1983): *Electroencefalografía: Introducción y Atlas.* Barcelona, Salvat.

SIMON, O.; MERTIN, J.; SCHMIEDEK, P. (1973): Disturbances of electrical activity of the brain induced by the spirolactone derivate potassium canreonate. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 35*, 165-171.

SIMSON, R.; WAUGHAN, H.G. y RITTER, W. (1976): The scalp topography of potencials associated with missing visual or auditory stimuli. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 40*, 33-42.

SKRANDIES, W. (1988): Time range analysis of evoked potential fields. *Brain Topogr., 1 (2)*, 107-116.

SMITH, D.B.D.; DONCHIN, E.; COHEN, L y STARR, A. (1970): Auditory averaged evoked potentials in man during selective binaural listening. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 28*, 146-152.

SMITH, L.C. y MOSCOVITCH, M. (1979) : Writing posture, hemispheric control of movement and cerebral dominance in individuals with inverted and non inverted postures during writing. *Neuropsychologia, 17*, 637-644.

SOMMER, W. y MATT, J. (1990): Awareness of P300-related cognitive processes: asignal detection approach. *Psychophysiology, 27 (5)*, 575-585.

SPATZ, H. (1957): *Gedanken Über die Zukunft des Menschenhirms und die Idee Vomm Übermenschen*. Berlín, Universit Giessen.

SPEHLMANN, R. (1965): The averaged electrical responses to diffuse and to pattern light in the human. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 19*, 560-569.

SPERRY, R.W. (1964): The great cerebral comisure. *Scientific Americam Journal, 210 (1)*, 42-52.

SPERRY, R.W. (1968): Hemisphere deconnection and unity in conscious awareness. *Americam Psychologist, 23*, 723-733.

SPERRY, R.W. (1974): Lateral specialization in the surgically separated hemispheres. En F.O. Schmitt y F.G. Worden (Eds.): *Neuroscience 3rd Study Program*. Cambridge, MIT Press.

SPERRY, R.W.; STAMM, J. y MILNER, N. (1956): Relearning test for interocular transfer following division of optic chiasma and corpus callosum in cats. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 49*, 529-533.

SPIEGLER, B.J. y YENI-KOMSHIAN, G.H. (1983): Incidence of left-handed writing in a college population with reference to family patterns of hand preference. *Neuropsychologia, 21*, 651-659.

SPINELLI, D. y MECACCI, L. (1990): Handedness and hemisphericasymmetry of pattern reversal visual evoked potentials. *Brain Cognit., 13,* 193-210.

SPRINGER, S.P. y DEUTSCH, G. (1981): *Left Brain, Right Brain.* San Francisco, Freeman.

SPRINGER, S.P. y DEUTSCH, G. (1988): *Cerebro Izquierdo, Cerebro Derecho.* Madrid, Alianza.

SQUIRES, U.; WICKENS, C.D.; SQUIRES, N.K. y DONCHIN, E. (1976): The effect of stimulus sequence on the waveform of the cortical event-related potential. *Science, 193,* 1142-1146.

STAROSTA, W. (1989): Symetria czy asymetria w dos konaleniu technik sportowej. *Kultura Fizyczna, 43 (5-6),* 14-16.

STARR, A. (1978): Sensory evoked potentials in clinical disorders of the nervous system. *Ann. Rev. Neurosci., 1,* 103-127.

STRAUSS, E. y MOSCOVITCH, M. (1981): Perception of facial expressions. *Brain and Language, 13,* 308-332.

STRAUSS, E. y WADA, J. (1983): Lateral preferences and cerebral speech dominance. *Cortex, 19,* 165-177.

STULRAJTER, V. (1987): Situation-specific reaction time measurement in sportsmen (fencers). *Activitas Nervosa Superior, 29 (3),* 170-171.

SUBIRANA, A. (1958): The progresis in aphasia in relation to cerebral dominace and handedness. *Brain, 81,* 415-425.

SUTTON, S.; BRAREN, M.; ZUBIN, J. y JOHN, E.R. (1965): Evoked potential correlates of stimulus uncertaintry. *Science, 150,* 1187-1188.

TALLAL, P. y SCHWARTZ, J. (1980): Temporal processing, speech perception and hemispheric asymmetry. *Trends in Neuroscience, 3,* 309-311.

TASSET, J.M. (1987): *Teoría y Práctica de la Psicomotricidad.* Barcelona, Paidós.

TENHEUTEN, W.D. (1980): Social dominance and cerebral hemisphericity: discriminating race, socioeconomic status and sex groups by performance on two lateralized test. *Inter J. of Neuros., 10,* 223-232.

TERZIAN, H. y CECOTTO, C. (1961): Determinazione e studio della dominaza emisferica mediante iniezione intracarotide di amytal sodico nell'uomo. Part. I. *Boll. Soc. Ital. Biol. Spon., 35,* 1.623-1.626.

TREVARTHEN, C. (1986): Form, significance and psychological potential of hand gestures of infants. En J.L. Nespoulos, P. Perron y A. Roch-Lecours (Eds.): *The Biological Foundations of Gestures: Motor and Semiotic Aspects.* Hillsdale, Lawrence Erlbaum.

TZENG, O. y WANG, W. (1984): Search for a common neurocognitive mechanism for language and movements. *American Journal of Physiology, 246,* 904-911.

UNDERWOOD, B.J. (1976): *Psicología Experimental.* México, Trillas.

VAN KLEECK, M.H. (1989): Hemispheric differences in global versus local processing of hierarchical visual stimuli by normal subjects: new data and a meta-analysis of previous studies. *Neuropsychologia, 27 (9),* 1165-1178.

VAN STRIEN, J.W.; LICHT, R. y BOUMA, A. (1989): Event-related potentials during word-reading and figure-matching in left-handed and right-handed males and females. *Brain Lang., 37 (4),* 525-547.

VAN WAGENEN, W. y HERREN, R. (1940): Surgical division of commisural pathways in the corpus callosum. *Archives of Neurology and Psychiatry, 44,* 740-759.

WABER, D. (1976): Sex differences in cognition: a function of maduration rate?. *Science, 192,* 572-573.

WADA, J.A.; CLARLE, R. y HAMM, A. (1975): Cerebral hemispheric asymmetry in humans. *Archiev of Neurol., 32,* 239-246.

WADA, J.A. y DAVIES, A.E. (1977): Fundamental nature of human infant's brain asymmetry. *Can. J. Neurol. Sci., 4,* 203-207.

WADA, J.A. y RASMUSEN, T. (1960): Intracarotid inyection of sodium amytal for the lateralitation of cerebral speech dominance: experimental and clincial observations. *Journal of Neurosurgery, 17*, 266-282.

WALTER, S.P. (1981): Psychophysiology of P300. *Psychological Bulletin, 89 (3)*, 506-540.

WALTER, G. y SHIPTON, H. (1951): A new toposcopic display system. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol., 3*, 281-282.

WARRINGTON, E.K.; JAMES, M. y KINSBOURNE, M. (1966): Drawing desability in relation to laterality of cerebral lesion. *Brain, 8*, 53-82.

WARRINGTON, E.K. y PRATT, R.I.C. (1973): *Neuropsychologia, 11*, 426-428.

WERNICKE, C. (1987): *El Zurdo y su Mundo*. Buenos Aires, Panamericana.

WERNICKE, K. (1874); citado por GESCHWIND, N. (1980) en: Especializaciones del cerebro humnao. *El Cerebro. Investigación y Ciencia.* Barcelona, Labor, p. 145.

WHITE, M.J. (1969): Larerality differences in the perception: a review. *Psychological Bulletin, 72*, 387-405.

WICKENS, C.D. (1979): Human workload measurement. En N. Moray (Ed.): *Mental Workload: Is Theory and Measurement*. New York, Plenum Press.

WILSON, D. (1891): *The Right Hand, Left-Handedness*. London, MacMillan and Co. (Nature Series).

WILSON, V.E.; AINSWORTH, M. y BIRD, E.I. (1985): Assessment of attentional abilities in male volleyball athletes. *International Journal of Sport Psychology, 16 (4)*, 296-306.

WITELSON, S.F. (1976): Sex and the single hemisphere: specialization of the right hemisphere for spatial processing. *Science, 193*, 425-427.

WITELSON, S.F. (1987): Neurobiological aspects of language in children. *Child Development, 58*, 653-688.

WOOD, G.A. (1977): An electrophysiological model of human visual reaction time. *Journal of Motor Behavior, 9*, 267-274.

WOOD, C.J. y AGGLETON, J.P. (1989): Handedness in fast ball sports: do left-handers have an innate adventage?. *British Journal of Psychology, 80*, 227-240.

WOOD, C.C.; GOFF, W.R. y DAY, R.S. (1971); Auditory evoked potentials during speeck perception. *Science, 173*, 1.248-1.251.

WOOD, C.C. y WOLPAW, J. (1982): Scalp distribution of human auditory evoked potential. II. Evidence for overlapping sources and involvement of auditory cortex. *Electroencephal. Clin. Neurophysiol., 54, 25-38.*

YAKOLEV, P.I. y RAKIC, P. (1966): Patterns of decussation of bulber pyramids and distribution of pyramidal tracts on two sides of the spinal cord. *Trans. Amer. Neurl. Assoc., 9*, 366-367.

ZAIDEL, E. (1975): A technique for presenting lateralized visual imput with prolonged exposure. *Vision Research, 15*, 283-289.

ZAIDEL, E. (1976): Auditory vocabulary of the right hemisphere following brain bisection or hemidecortication. *Cortex, 12*, 191-211.

ZAIDEL, E. (1978): Auditory language comprehension in the right hemisphere following cerebral commissurotomy and hemispherectomy: a comparison with child language and aphasia. En A. Caramazza y E. Zurit (Eds.): *Language Acquisition and Language Breakdown.* Baltimor, University Press.

ZAIDEL, E. (1985): Academic implications of dual-brain theory. En D.F. Benson y E. Zaidel (Eds.): *The Dual Brain.* New York, The Guilford Press.

ZANGWILL, O.L.(1967): Speech and the minor hemisphere. *Act. Neurol. Belg., 67*, 1.013-1.020.

ZAZZO, R. (1971): *Manual para el Examen Psicológico del Niño.* Madrid, Fundamentos.

ANEXOS

TESTS DE LATERALIDAD

TEST de MANUALIDAD de EDIMBURGO

Apellidos:		Nombre:	
Centro:	Telefono:	Edad:	Fecha:

A. PREFERENCIA MANUAL INDIVIDUAL

Indicad con una X la mano que normalmente usais en cada una de las diez actividades que vienen a continuación; elegid la casilla que mejor os parezca de las cinco. Haced lo mismo para el pie y el ojo (i, ii).

	IZQUIERDA			DERECHA	
	Muy Preferida	Preferida	Sin Preferencia	Preferida	Muy Preferida
1. Escribir					
2. Dibujar					
3. Tirar una pelota					
4. Usar las tijeras					
5. Usar el cepillo de dientes . . .					
6. Usar el cuchillo (sin tenedor)					
7. Usar la cuchara					
8. Usar una escoba (mano de arriba)					
9. Encender una cerilla (mano de cogerla)					
10. Abrir una caja (mano de coger tapa)					
i. ¿Pie preferido para un puntapié?					
ii. ¿Qué ojo usas cuando sólo puedes ver con uno?					

B. PREFERENCIA MANUAL DE LA FAMILIA

¿Quién de estos componentes de tu familia es zurdo o ambidextro? (No importa que ya haya muerto).

1. Abuelos paternos..... Abuelos maternos.....
2. ¿Cuántos tíos (hermanos de tus padres) tienes? . . . . . Si alguno es zurdo o ambidextro, dí si es hermano de tu padre o de tu madre . . . . . .
3. Cuántas tías (hermanas de tus padres) tienes? . . . . . Si alguna es zurda o ambidextra, dí si es hermana de tu padre o de tu madre . . . . . .
4. Tus padres: ¿Alguno es zurdo o ambidextro? . . . . . ¿Quién? . . . . . .
5. ¿Cuántos hermanos tienes? . . . . Si alguno es zurdo o amb. ¿edad? . . . . . .
6. ¿Cuántas hermanas tienes? . . . . Si alguna es zurda o amb. ¿edad? . . . . . .
7. ¿Cómo te consideras tú?: ¿Diestro?..... ¿Zurdo? ..... ¿Ambidextro? . . . . . .
8. Total de componentes familiares (incluido tú) a que te has referido en los siete apartados anteriores . . . . . Total de zurdos o ambidextros.....
9. ¿Tienes algún sobrino, hijo propio o primo que sea zurdo o ambidextro? ¿Cuántos? . . . Edad y sexo . . . . . .

C. DERECHA-IZQUIERDA

1. Es normal encontrar niños y mayores que en ocasiones, tiene dificultades para orientarse según la derecha y la izquierda. Se pide indicar (con una X donde corresponda) hasta qué punto tienes o sueles tener esa dificultad, cuando has de distingur rápidamente la dereha de la izquierda:

1	2	3	4	5
SIEMPRE___	CON FRECUENCIA___	ALGUNAS VECES___	CASI NUNCA___	NUNCA___

2. ¿Tuviste problemas de pequeño(a) con los rasgos de la escritura por la situación a la derecha o a la izquierda?:

1	2	3	4	5
MUCHOS___	BASTANTES___	ALGUNOS___	MUY POCOS___	NINGUNO___

3. ¿Te contrariaron de alguna manera en el uso de tu mano preferida? SI___ (1) NO___ (2)

TESTS DE DOMINANCIA LATERAL

HOJA DE ANOTACION

Apellidos y nombre: ..... *Edad:* ..... *Fecha:* ..... *Examinador:* .....

1. Conocimiento de la dcha. y de la izda.

Mano D ..... Oído I ..... Ojo D .....

DOMINANCIA MANUAL

2. Mano preferida D ..... %

1. Lanzar la pelota .....
2. Dar cuerda al reloj .....
3. Golpear un clavo con el martillo .....
4. Cepillarse los dientes .....
5. Peinarse .....
6. Girar el pomo de la puerta .....
7. Borrar con goma .....
8. Cortar con tijeras .....
9. Cortar con cuchillo .....
10. Escribir .....

3. Escritura simultánea

- Número de inversiones:
  D ..... I .....
- Mejor coordinación .....

4. Escritura

- Tiempo D ..... I .....
- Mejor coordinación .....

5. Punteado

- Número D ..... I .....
- Mejor coordinación .....

6. Repartir las cartas

- Tiempo D ..... I .....
- Mejor coordinación .....

7. Fuerza manual (opcional)

D ..... I ..... D ..... I .....

DOMINANCIA OCULAR

8. Tests monoculares

1. Caleidoscopio .....
2. Catalejo .....
3. Fusil .....
   - Ojo .....
   - Hombro .....

9. Tests binoculares

1. Visores .....
2. Cartón .....

10. Tests estereoscópicos (opcional)

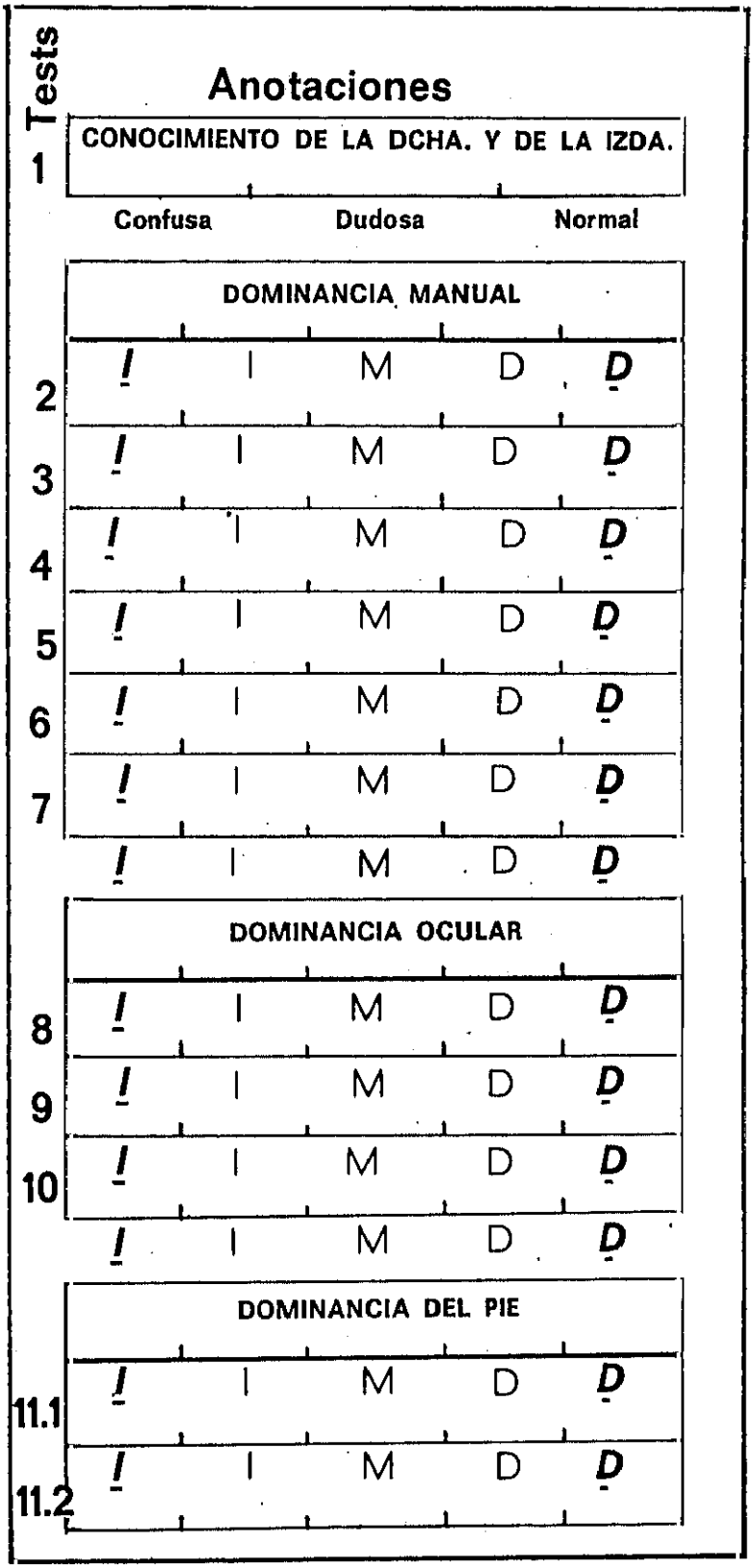
Teleb. D ..... % I ..... % Supr. .....

DOMINANCIA DEL PIE

11.1. Dar una patada

Prefer. ..... Otra ..... Mejor .....

11.2. Golpear con el pie .....



Escritura simultánea

Derecha

Izquierda

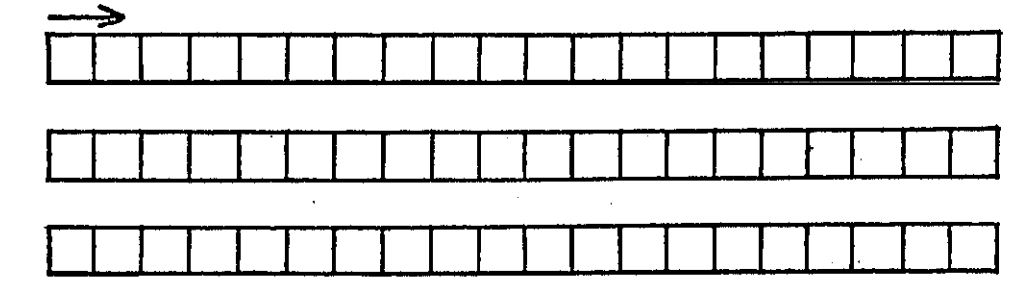
Nombre: .....

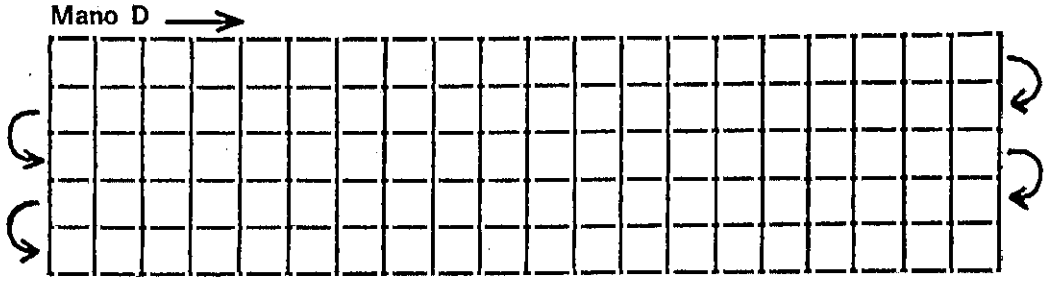
Nombre: .....

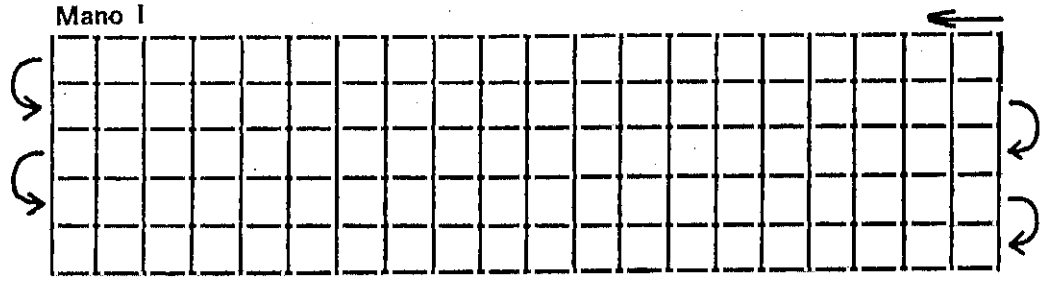
Mano: ..... Tiempo: ..... seg.

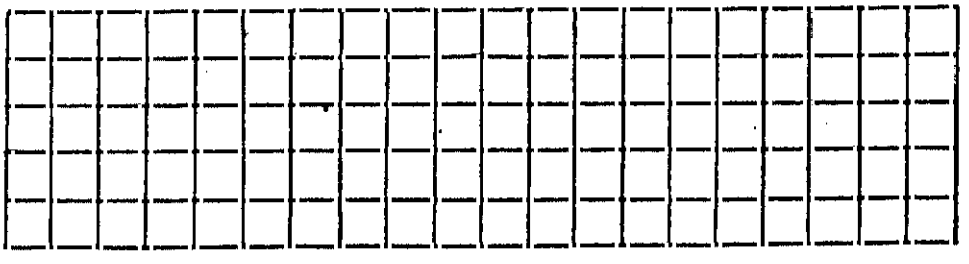
Mano: ..... Tiempo: ..... seg.

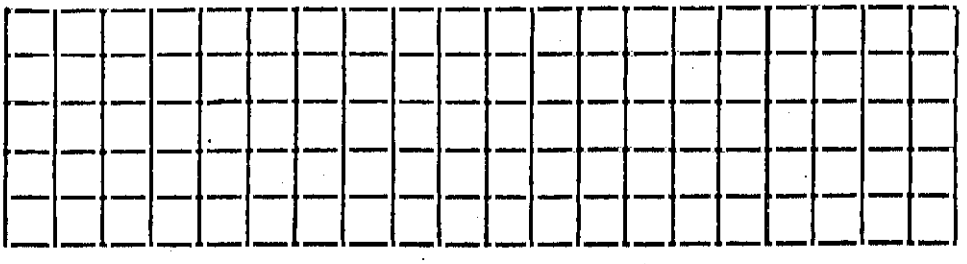
Punteado











Antecedentes familiares:

Inversión:

Comentarios cualitativos:

TEA EDICIONES, S. A.
Fray Bernardino de Sahagún, 24
Teléfono: 456 83 11 (10 líneas)
MADRID-16

Imprime Aguirre Campano

Depósito legal: M.-2.787—1981

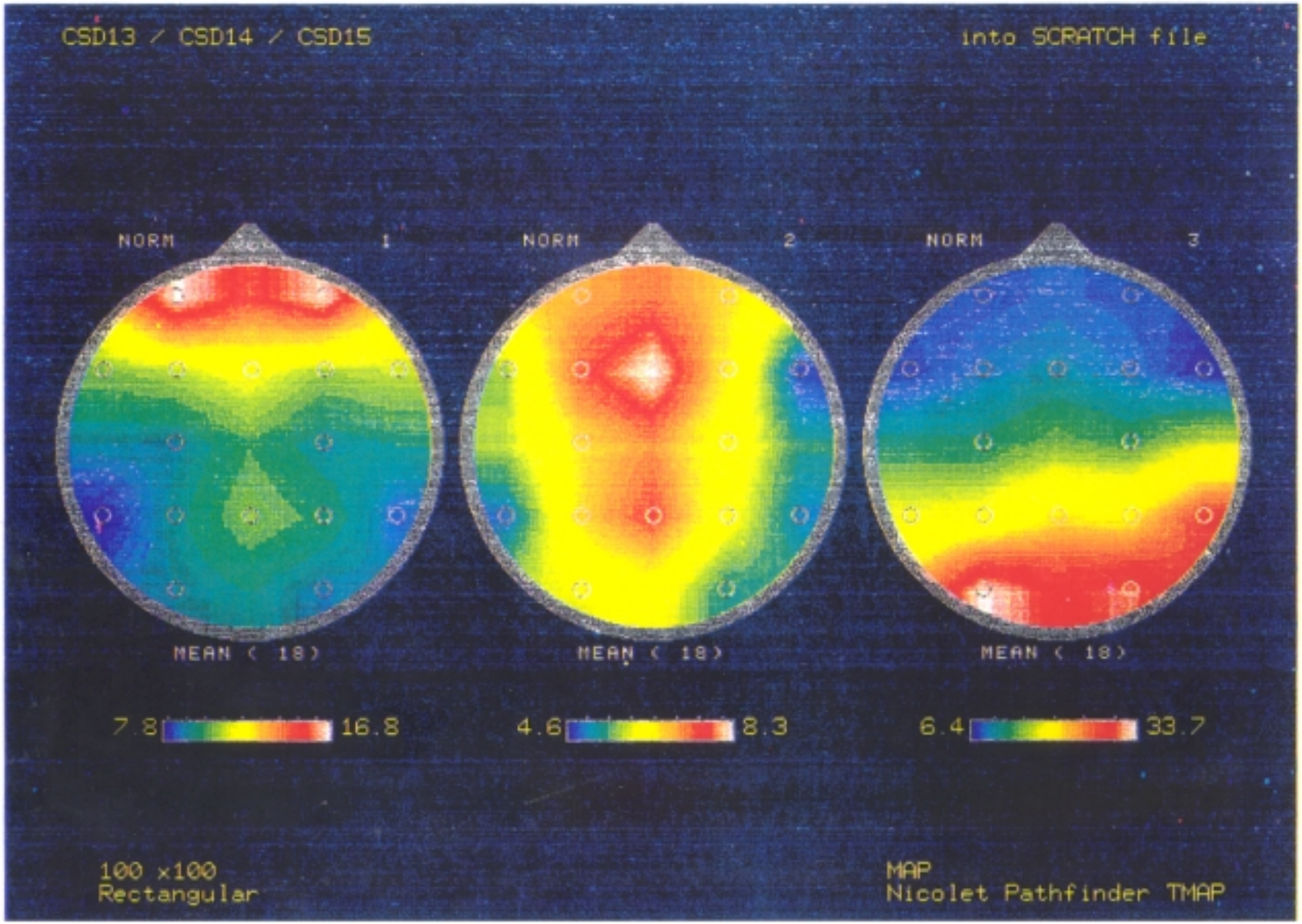
IMAGENES DE CARTOGRAFIA CEREBRAL

Gráfica 1: Corresponde al registro **electroencefalográfico** del grupo **sedentario diestro** en la condición de **Ojos Cerrados.**

NORM 1: Banda delta.

NORM 2: Banda theta.

NORM 3: Banda alfa.

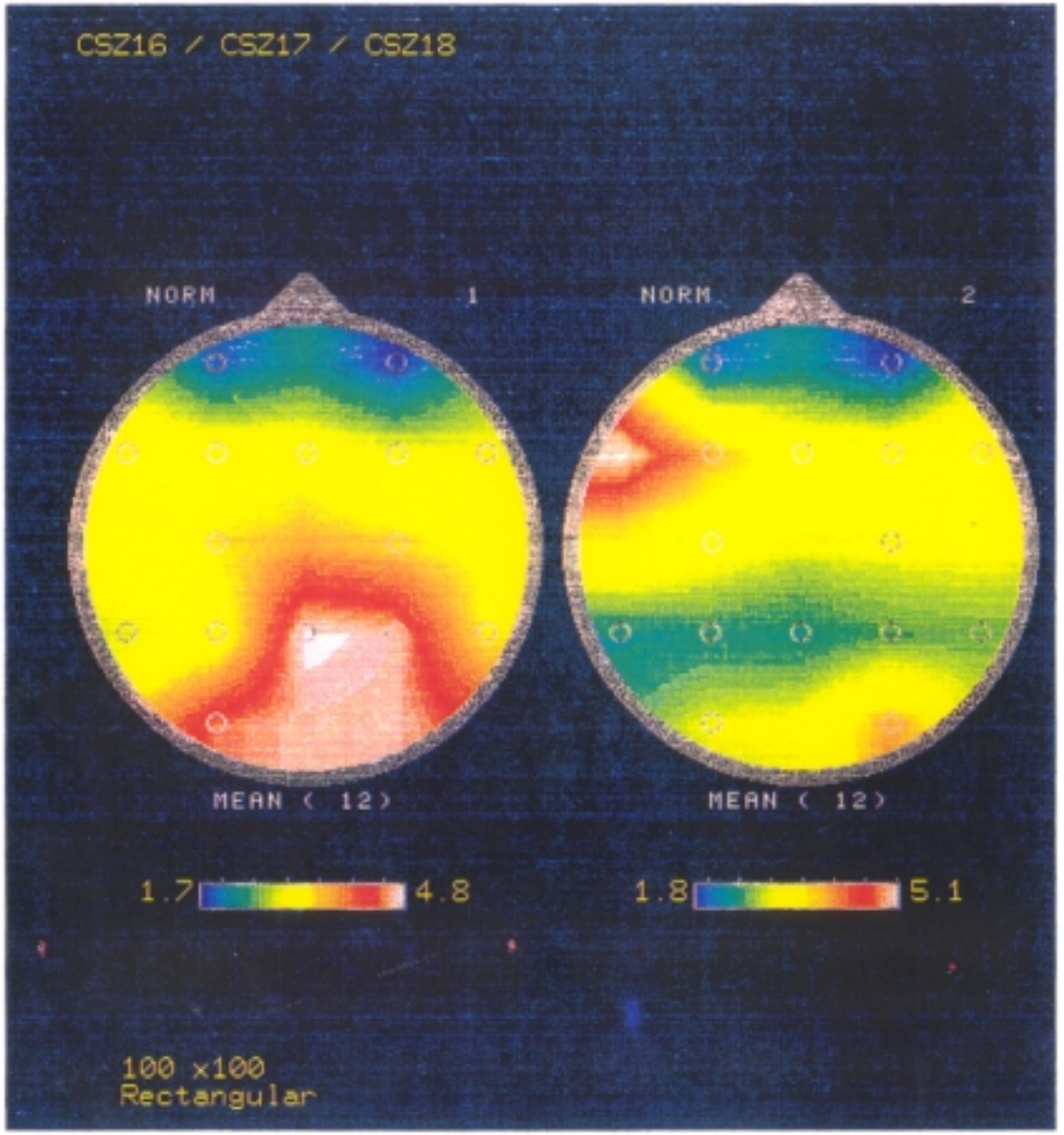

CSD13 / CSD14 / CSD15
into SCRATCH file
NORM 1
NORM 2
NORM 3
MEAN (18)
MEAN (18)
MEAN (18)
7.8
16.8
4.6
8.3
6.4
33.7
100 x100
Rectangular
MAP
Nicolet Pathfinder TMAP

Gráfica 1

Gráfica 2: Corresponde al registro **electroencefalográfico** del grupo **sedentario diestro** en la condición de **Ojos Cerrados.**

NORM 1: Banda beta 1.

NORM 2: Banda beta 2.


CSZ16 / CSZ17 / CSZ18
NORM 1
NORM 2
MEAN (12)
MEAN (12)
1.7
4.8
1.8
5.1
100 x100
Rectangular

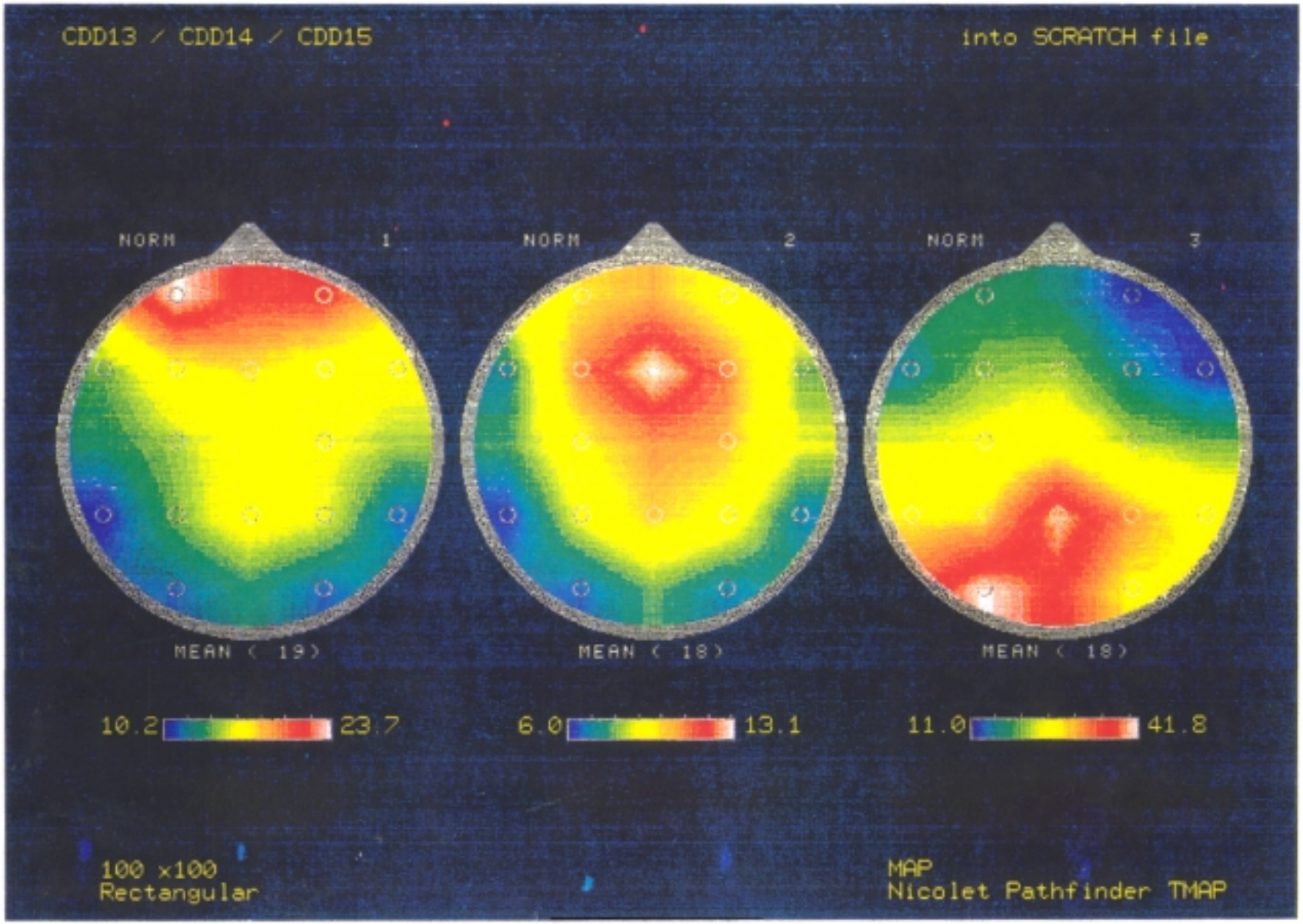
Gráfica 4

Gráfica 3: Corresponde al registro **electroencefalográfico** del grupo **sedentario zurdo** en la condición de **Ojos Cerrados.**

NORM 1: Banda delta.

NORM 2: Banda theta.

NORM 3: Banda alfa.

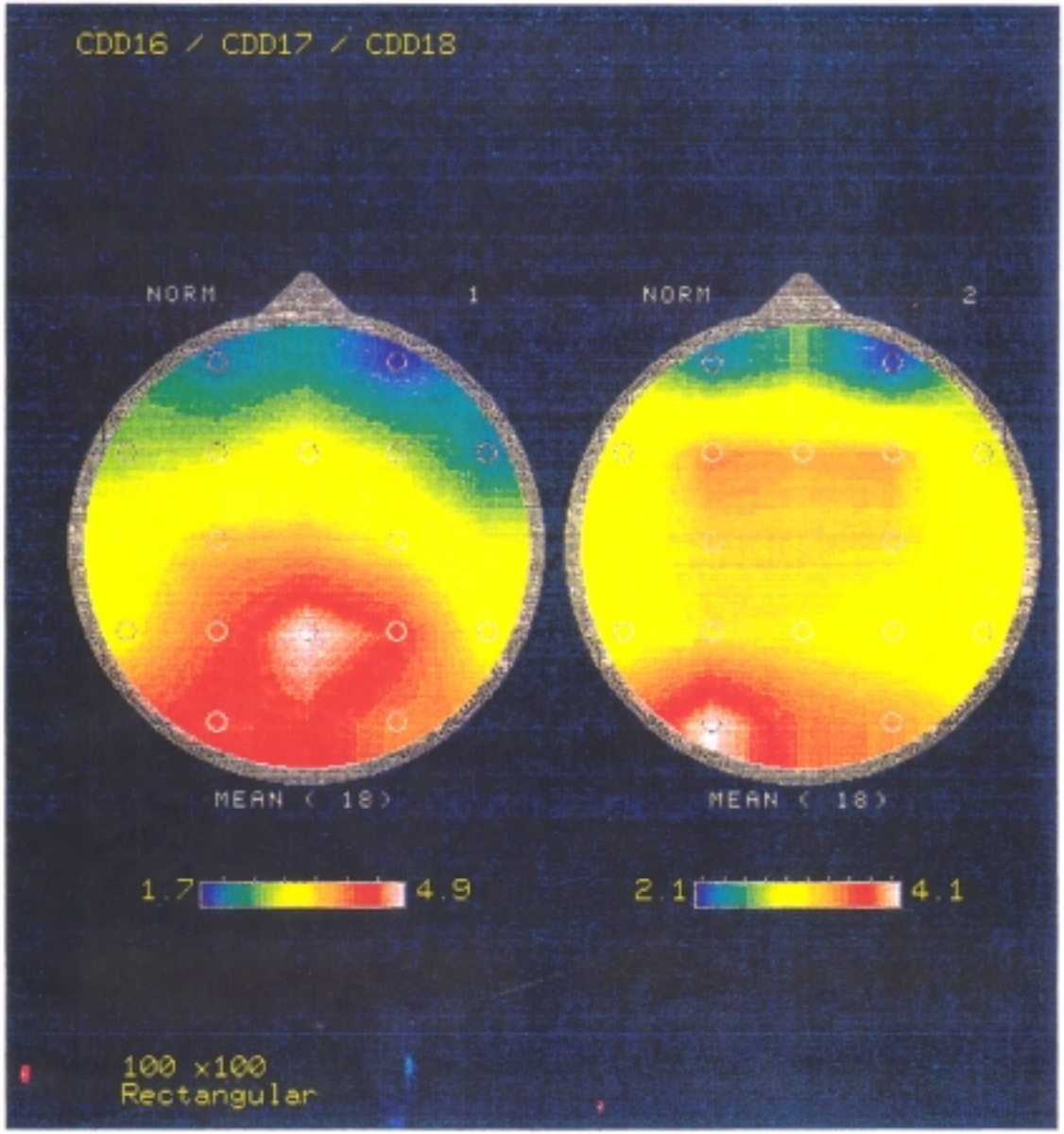

CDD13 / CDD14 / CDD15
into SCRATCH file
NORM 1
NORM 2
NORM 3
MEAN (19)
MEAN (18)
MEAN (18)
10.2
23.7
6.0
13.1
11.0
41.8
100 x100
Rectangular
MAP
Nicolet Pathfinder TMAP

Gráfica 5

Gráfica 4: Corresponde al registro **electroencefalográfico** del grupo **sedentario zurdo** en la condición de **Ojos Cerrados.**

NORM 1: Banda beta 1.

NORM 2: Banda beta 2.


CDD16 / CDD17 / CDD18
NORM 1
NORM 2
MEAN (18)
MEAN (18)
1.7
4.9
2.1
4.1
100 x100
Rectangular

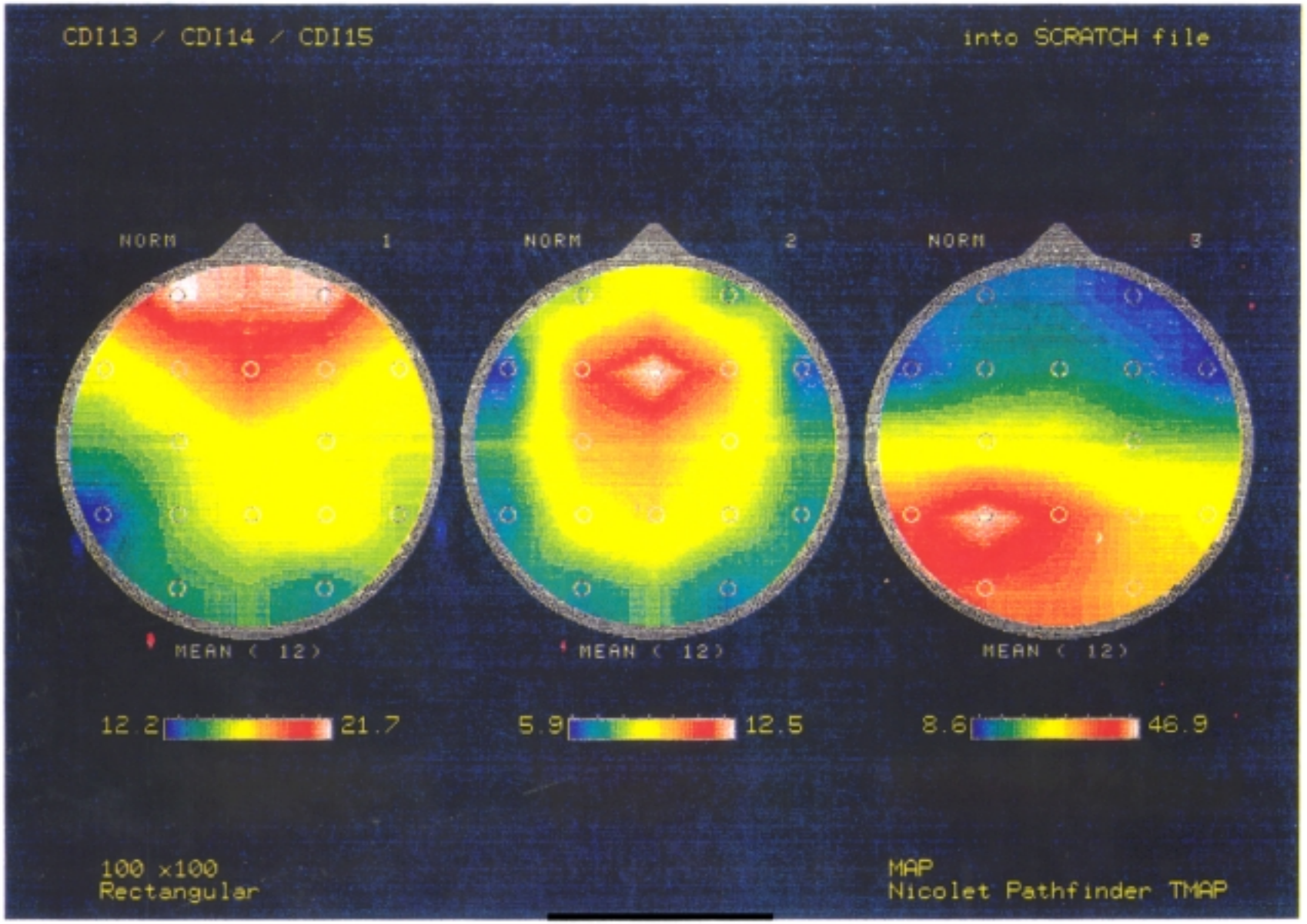
Gráfica 6

Gráfica 5: Corresponde al registro **electroencefalográfico** del grupo **deportista diestro** en la condición de **Ojos Cerrados.**

NORM 1: Banda delta.

NORM 2: Banda theta.

NORM 3: Banda alfa.

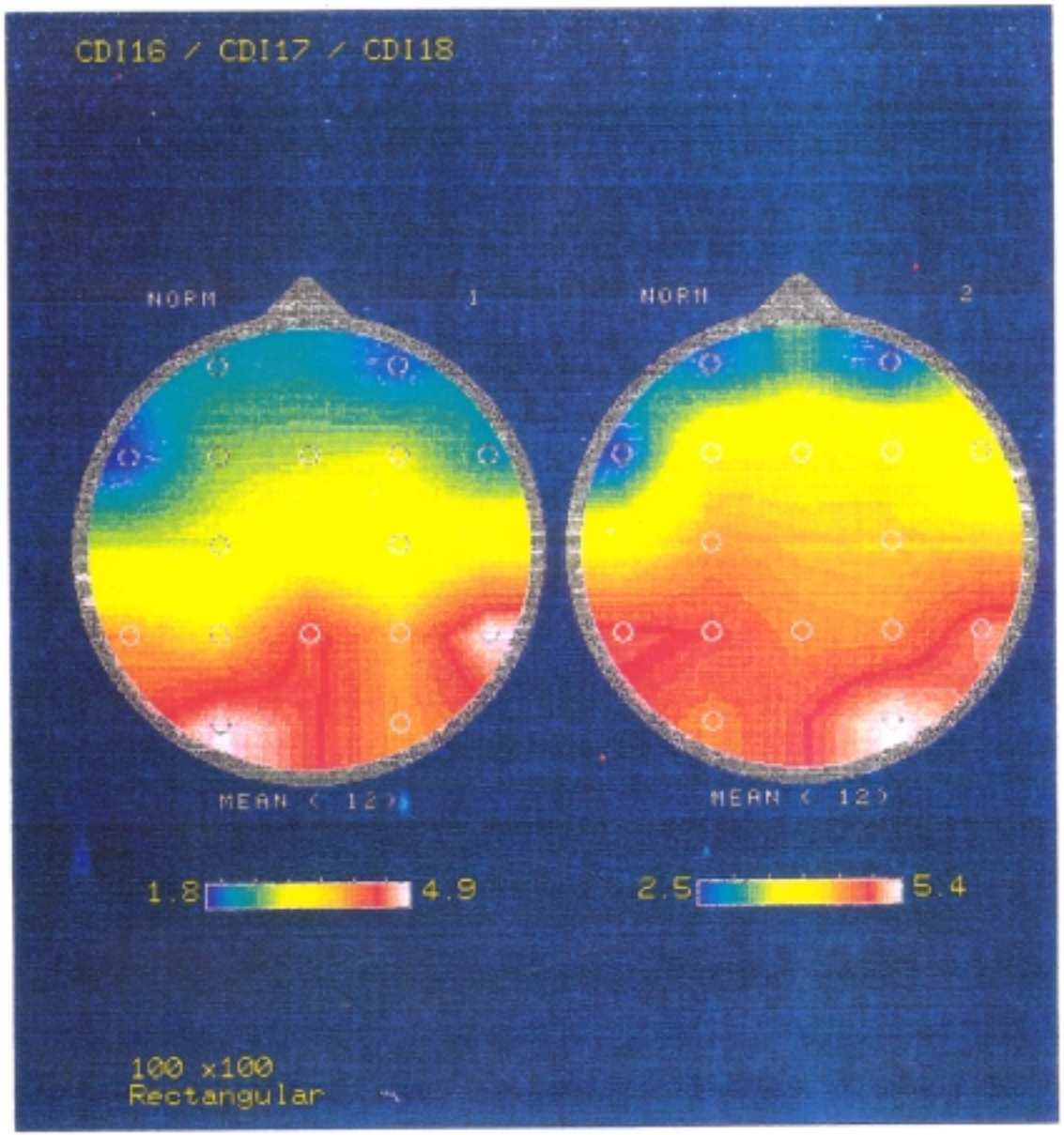

CDI13 / CDI14 / CDI15
into SCRATCH file
NORM 1
NORM 2
NORM 3
MEAN (12)
MEAN (12)
MEAN (12)
12.2
21.7
5.9
12.5
8.6
46.9
100 x100
Rectangular
MAP
Nicolet Pathfinder TMAP

Gráfica 7

Gráfica 6: Corresponde al registro **electroencefalográfico** del grupo **deportista diestro** en la condición de **Ojos Cerrados.**

NORM 1: Banda beta 1.

NORM 2: Banda beta 2.


CDI16 / CDI17 / CDI18
NORM 1
NORM 2
MEAN (12)
MEAN (12)
1.8
4.9
2.5
5.4
100 x100
Rectangular

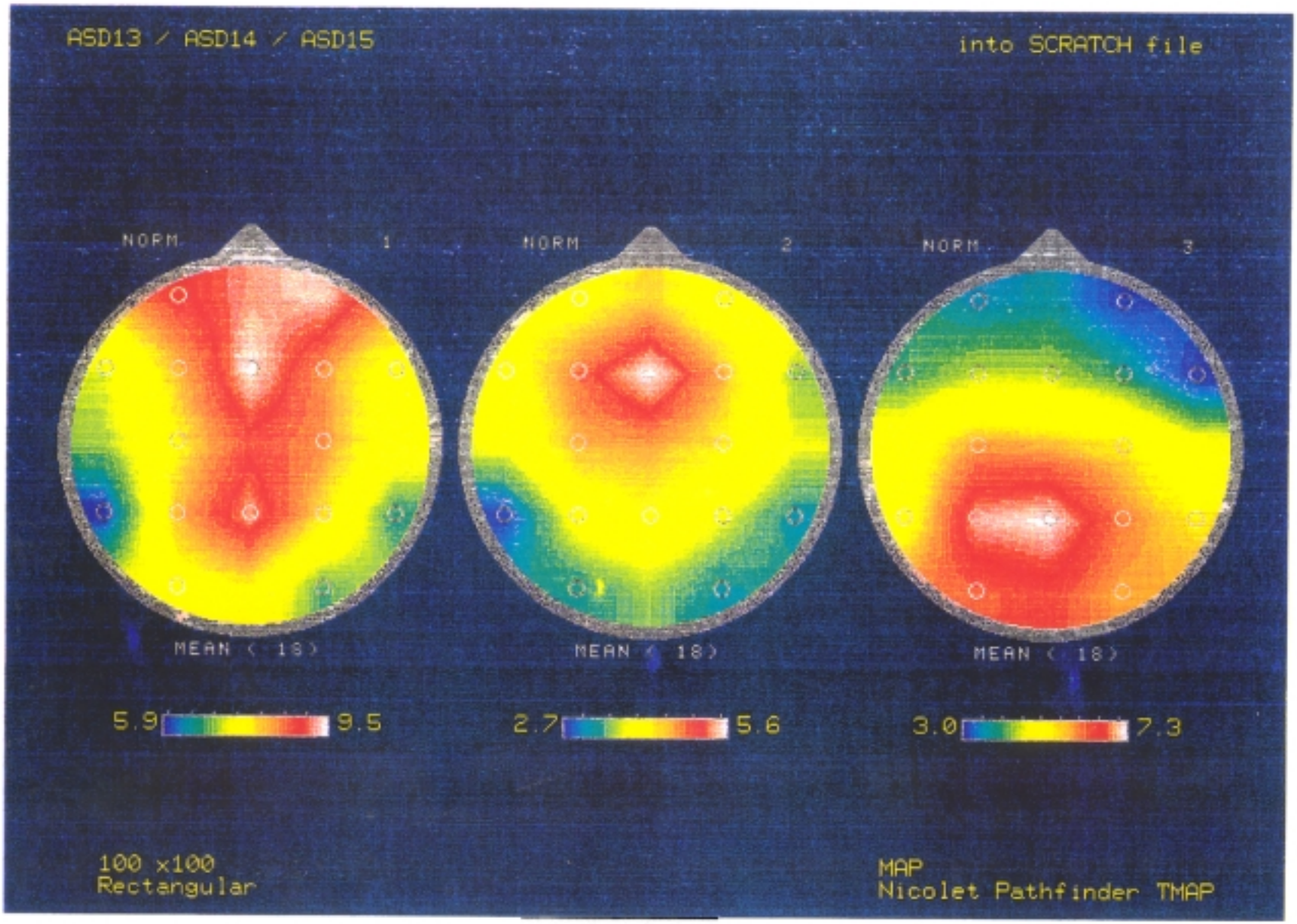
Gráfica 8

Gráfica 7: Corresponde al registro **electroencefalográfico** del grupo **deportista zurdo** en la condición de **Ojos Cerrados.**

NORM 1: Banda delta.

NORM 2: Banda theta.

NORM 3: Banda alfa.

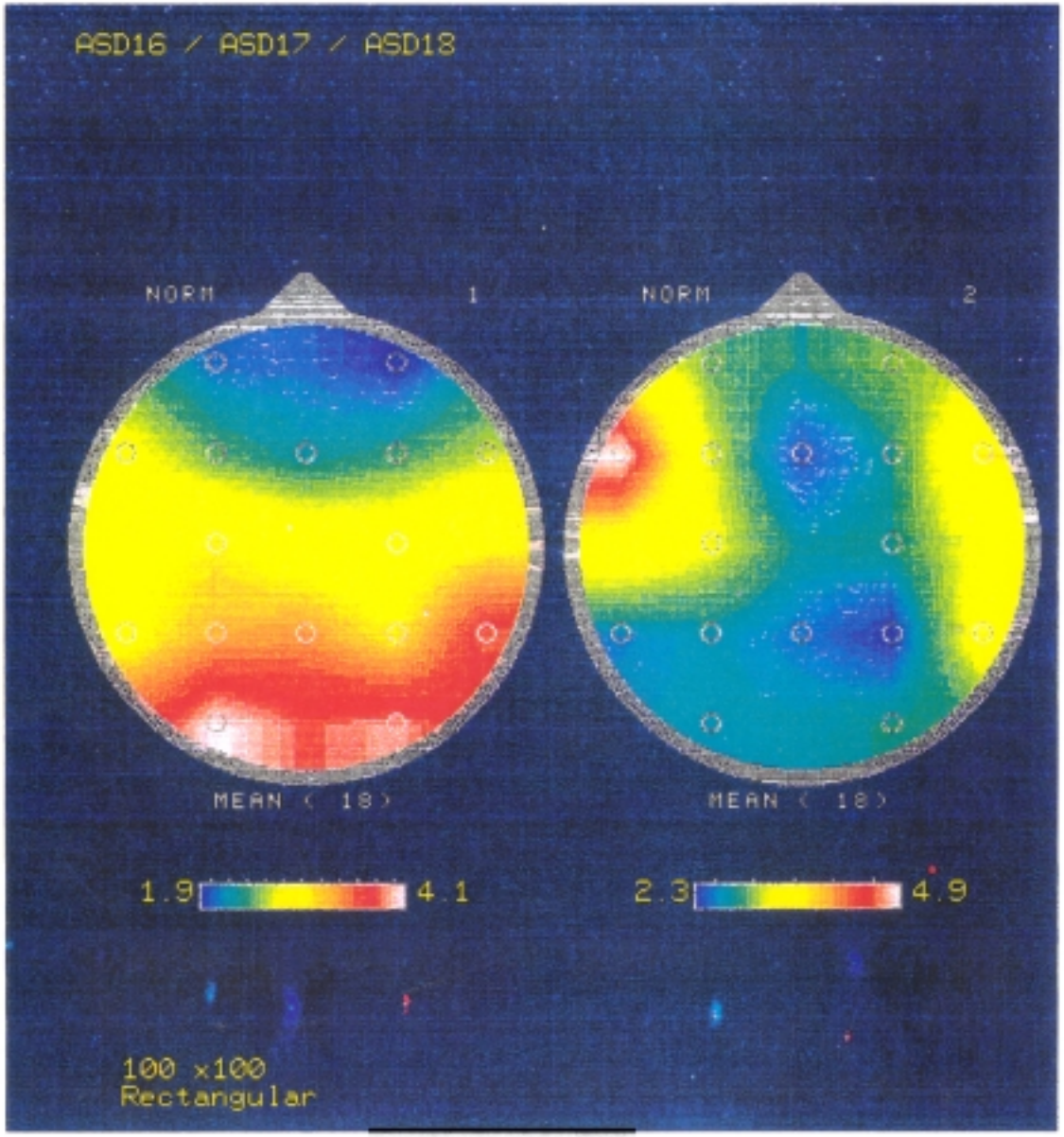

ASD13 / ASD14 / ASD15
into SCRATCH file
NORM 1
NORM 2
NORM 3
MEAN (18)
MEAN (18)
MEAN (18)
5.9
9.5
2.7
5.6
3.0
7.3
100 x100
Rectangular
MAP
Nicolet Pathfinder TMAP

Gráfica 9

Gráfica 8: Corresponde al registro **electroencefalográfico** del grupo **deportista zurdo** en la condición de **Ojos Cerrados.**

NORM 1: Banda beta 1.

NORM 2: Banda beta 2.


ASD16 / ASD17 / ASD18
NORM 1
NORM 2
MEAN (18)
MEAN (18)
1.9
4.1
2.3
4.9
100 x100
Rectangular

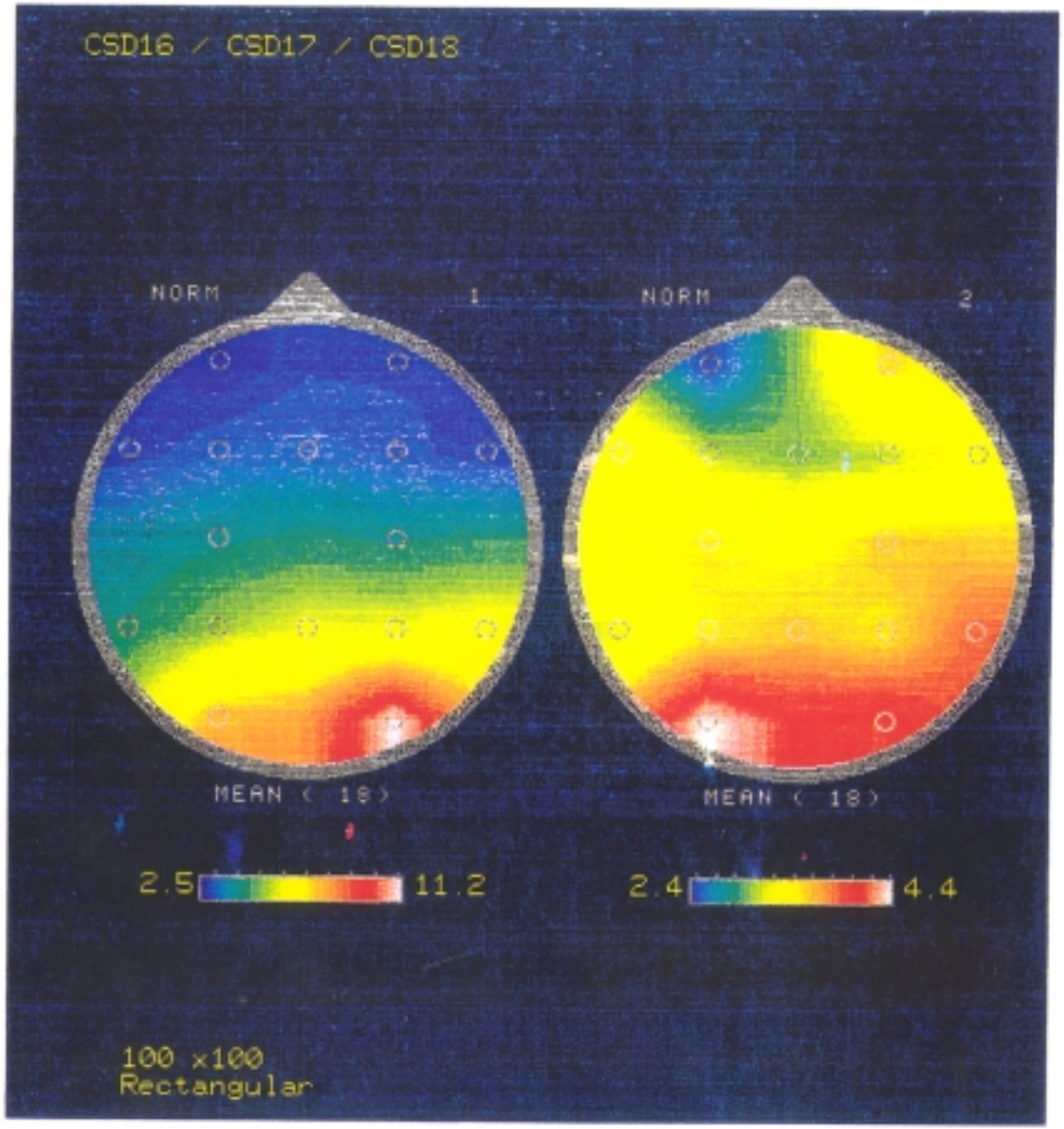
Gráfica 10

Gráfica 9: Corresponde al registro **electroencefalográfico** del grupo **sedentario diestro** en la condición de **Ojos Abiertos.**

NORM 1: Banda delta.

NORM 2: Banda theta.

NORM 3: Banda alfa.

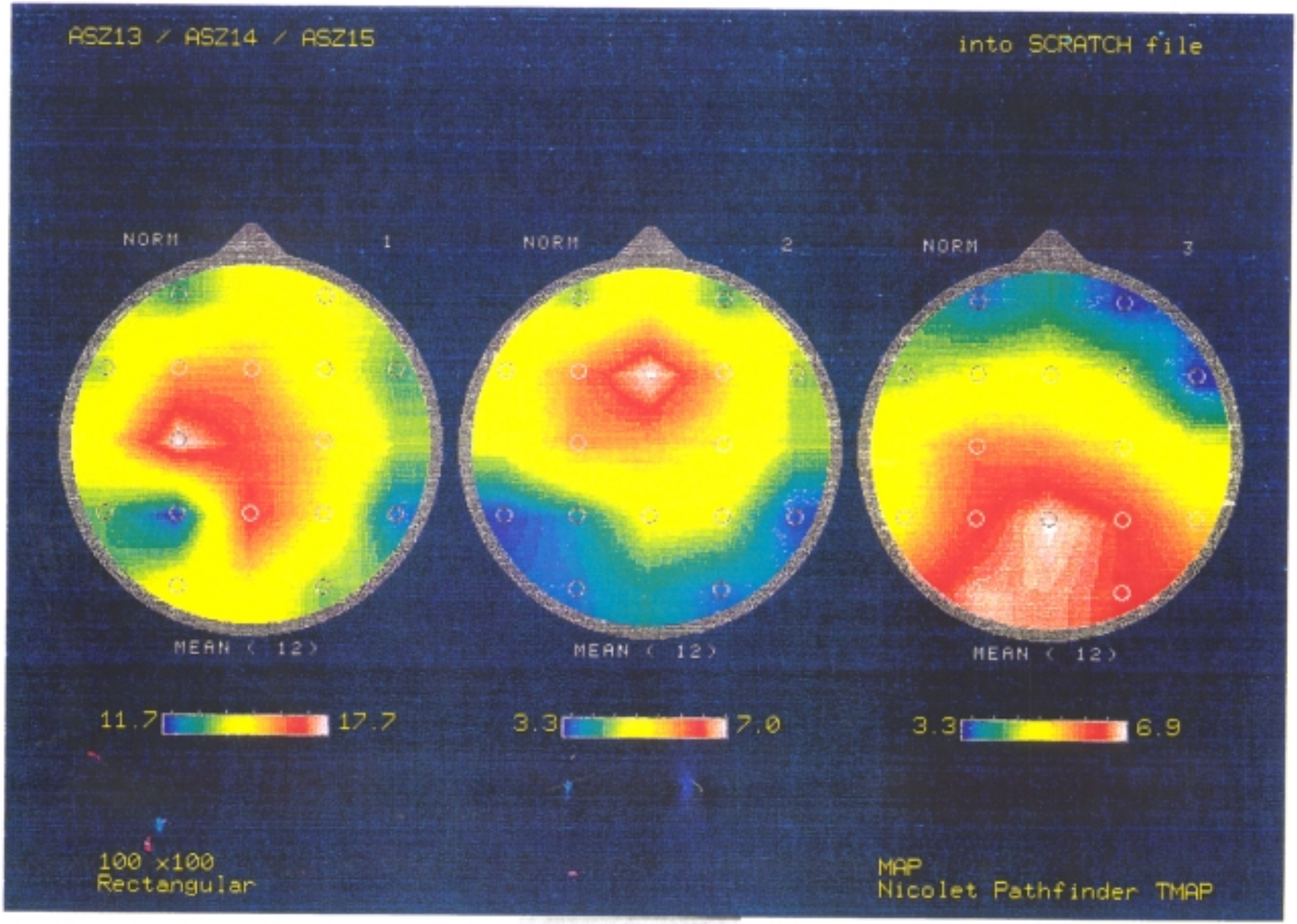

CSD16 / CSD17 / CSD18
NORM 1
NORM 2
MEAN (18)
MEAN (18)
2.5
11.2
2.4
4.4
100 x100
Rectangular

Gráfica 2

Gráfica 10: Corresponde al registro **electroencefalográfico** del grupo **sedentario diestro** en la condición de **Ojos Abiertos.**

NORM 1: Banda beta 1.

NORM 2: Banda beta 2.


ASZ13 / ASZ14 / ASZ15
into SCRATCH file
NORM 1
NORM 2
NORM 3
MEAN (12)
MEAN (12)
MEAN (12)
11.7
17.7
3.3
7.0
3.3
6.9
100 x100
Rectangular
MAP
Nicolet Pathfinder TMAP

Gráfica 11

Gráfica 11: Corresponde al registro **electroencefalográfico** del grupo **sedentario zurdo** en la condición de **Ojos Abiertos.**

NORM 1: Banda delta.

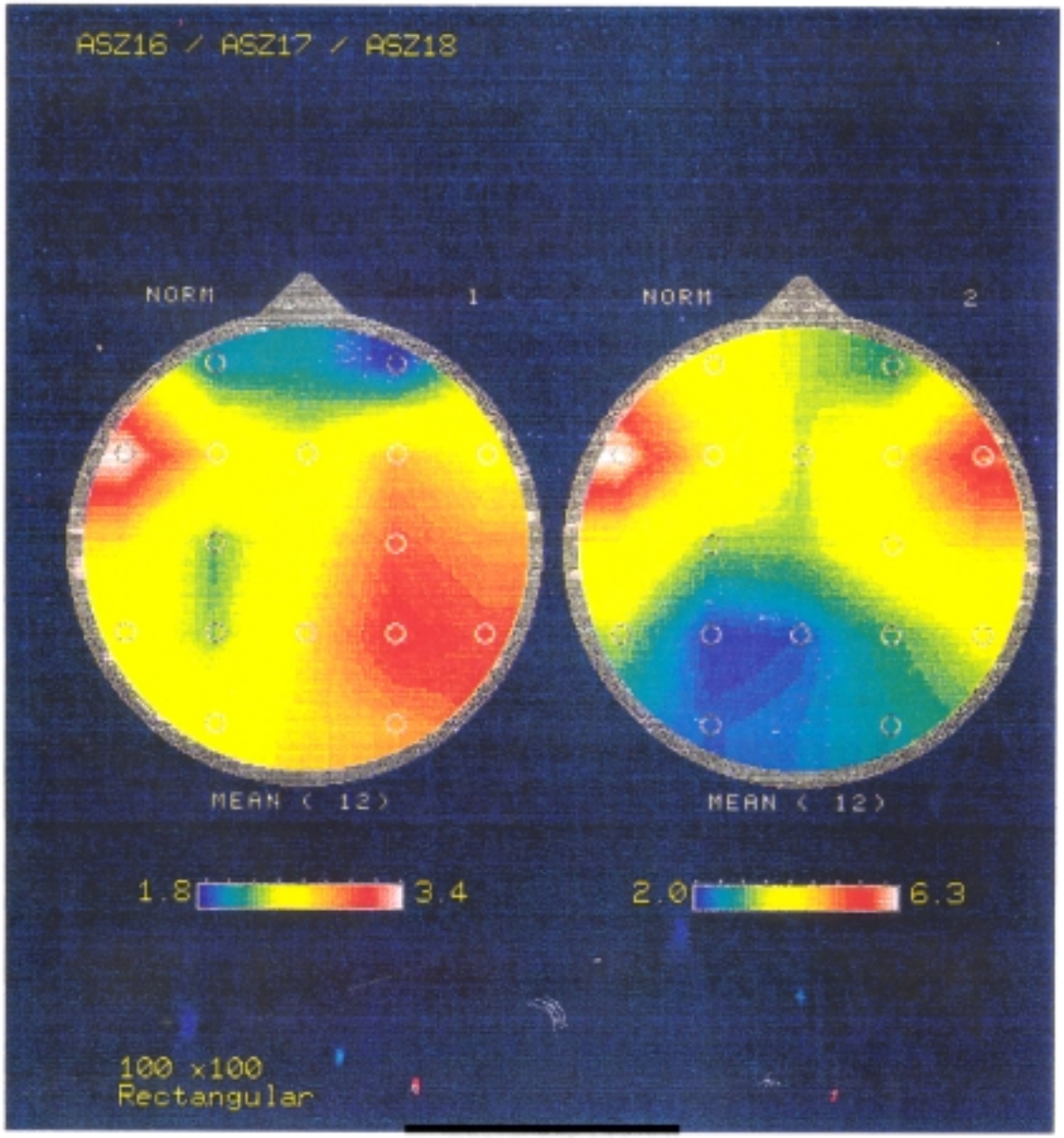
NORM 2: Banda theta.

NORM 3: Banda alfa.

Gráfica 12: Corresponde al registro **electroencefalográfico** del grupo **sedentario zurdo** en la condición de **Ojos Abiertos.**

NORM 1: Banda beta 1.

NORM 2: Banda beta 2.


ASZ16 / ASZ17 / ASZ18
NORM 1
NORM 2
MEAN (12)
MEAN (12)
1.8
3.4
2.0
6.3
100 x100
Rectangular

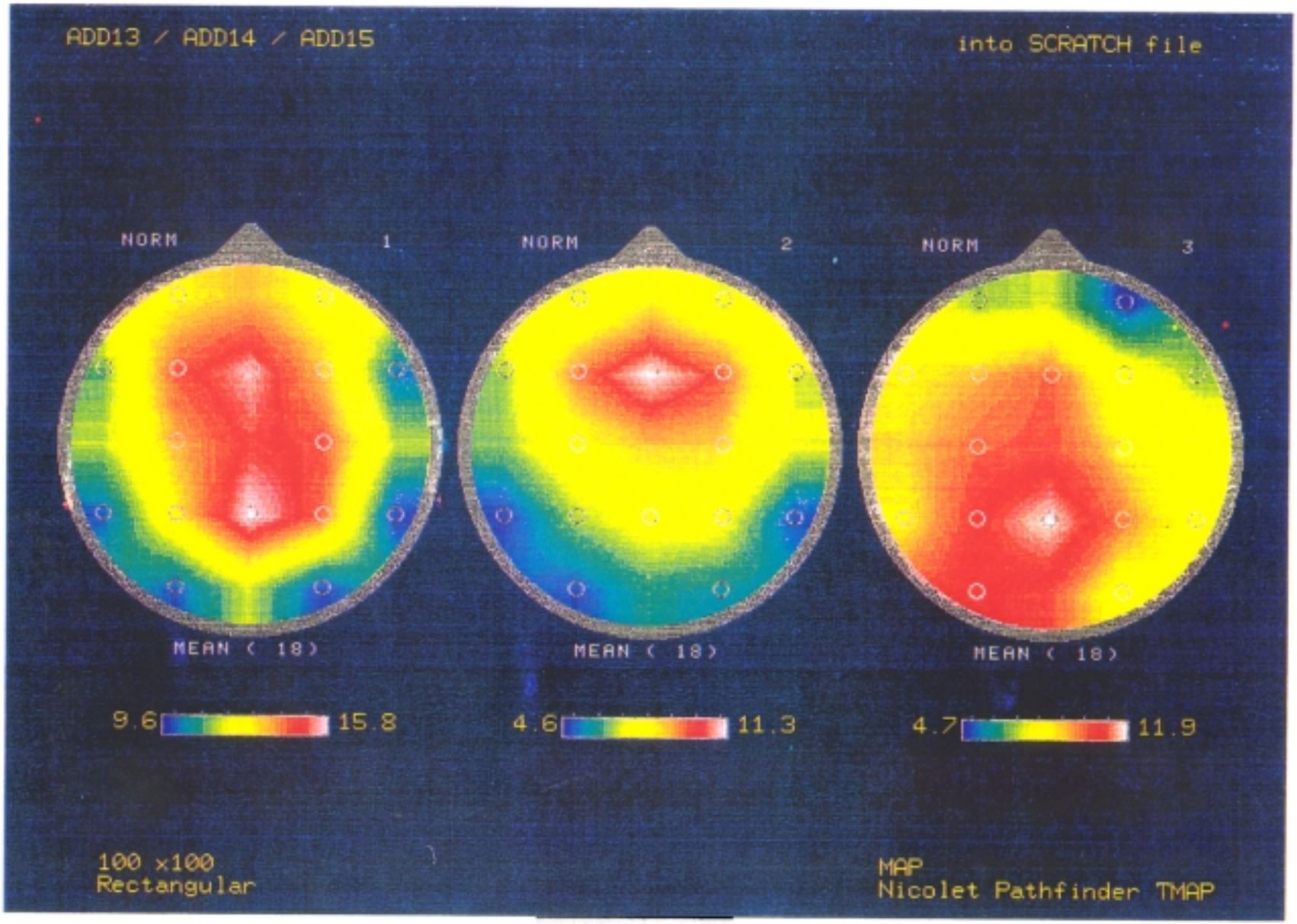
Gráfica 12

Gráfica 13: Corresponde al registro **electroencefalográfico** del grupo **deportista diestro** en la condición de **Ojos Abiertos.**

NORM 1: Banda delta.

NORM 2: Banda theta.

NORM 3: Banda alfa.

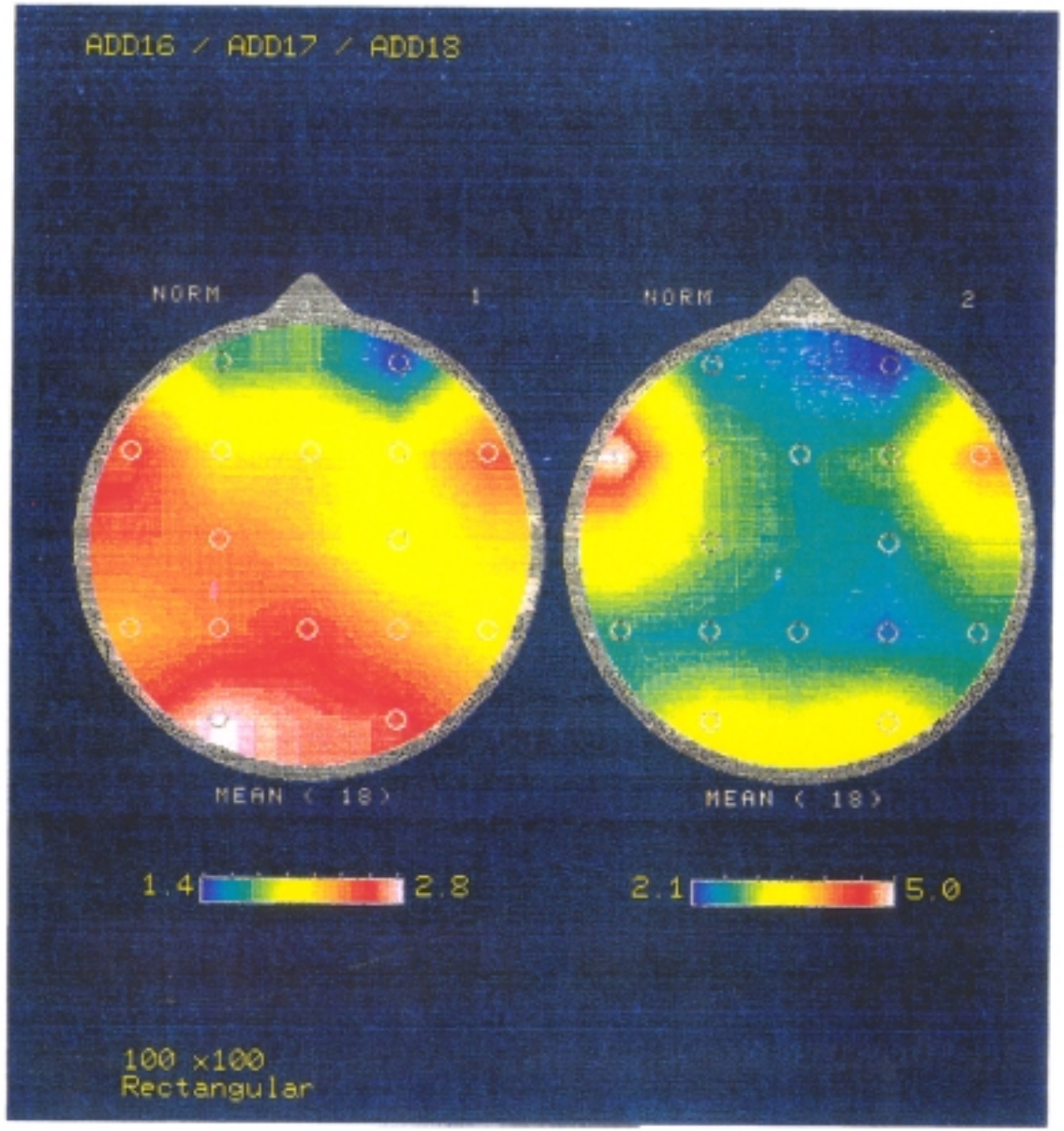

ADD13 / ADD14 / ADD15
into SCRATCH file
NORM 1
NORM 2
NORM 3
MEAN (18)
MEAN (18)
MEAN (18)
9.6
15.8
4.6
11.3
4.7
11.9
100 x100
Rectangular
MAP
Nicolet Pathfinder TMAP

Gráfica 13

Gráfica 14: Corresponde al registro **electroencefalográfico** del grupo **deportista diestro** en la condición de **Ojos Abiertos.**

NORM 1: Banda beta 1.

NORM 2: Banda beta 2.


ADD16 / ADD17 / ADD18
NORM 1
NORM 2
MEAN (18)
MEAN (18)
1.4
2.8
2.1
5.0
100 x100
Rectangular

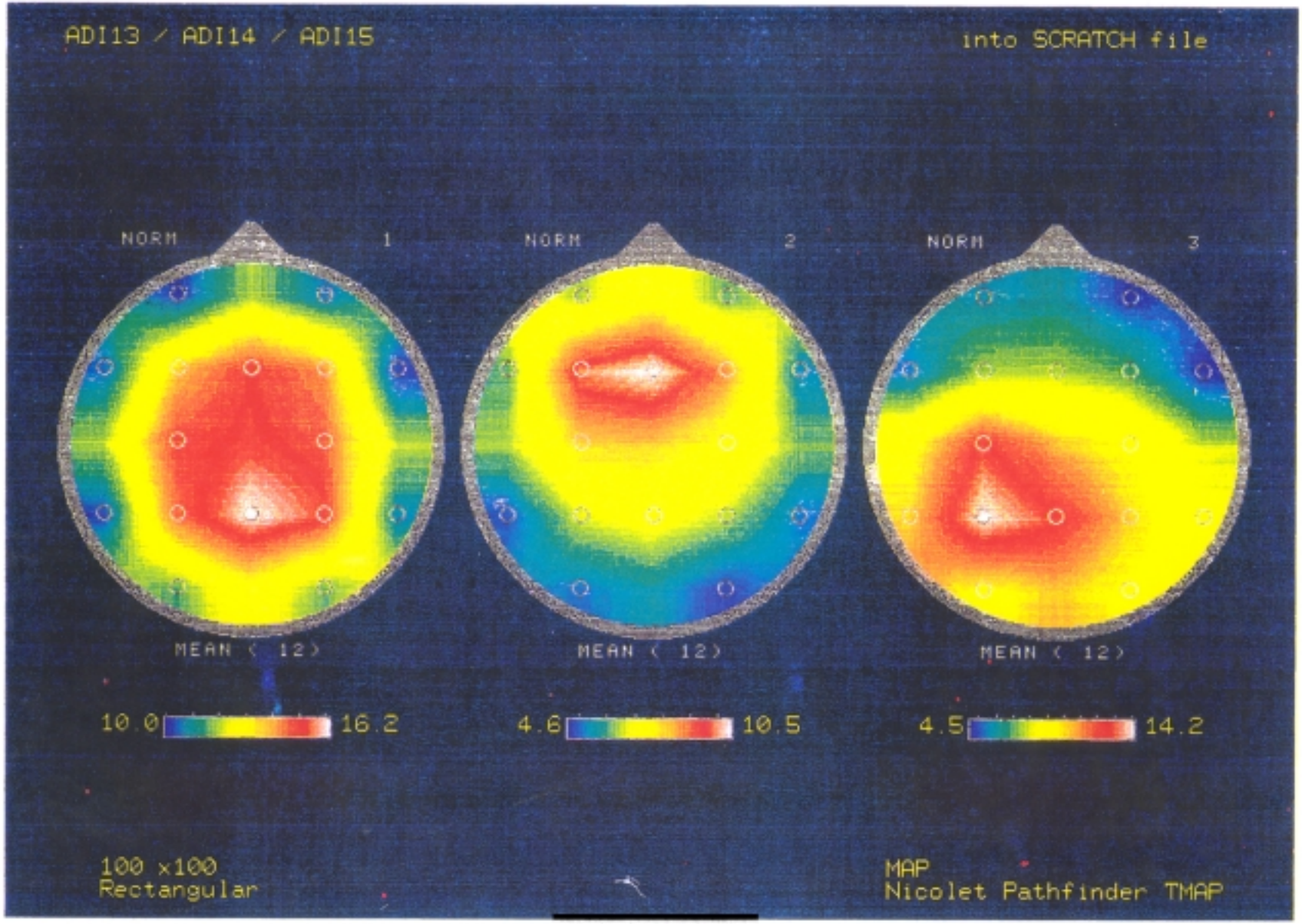
Gráfica 14

Gráfica 15: Corresponde al registro **electroencefalográfico** del grupo **deportista zurdo** en la condición de **Ojos Abiertos.**

NORM 1: Banda delta.

NORM 2: Banda theta.

NORM 3: Banda alfa.


ADI13 / ADI14 / ADI15
into SCRATCH file
NORM 1
NORM 2
NORM 3
MEAN (12)
MEAN (12)
MEAN (12)
10.0
16.2
4.6
10.5
4.5
14.2
100 x100
Rectangular
MAP
Nicolet Pathfinder TMAP

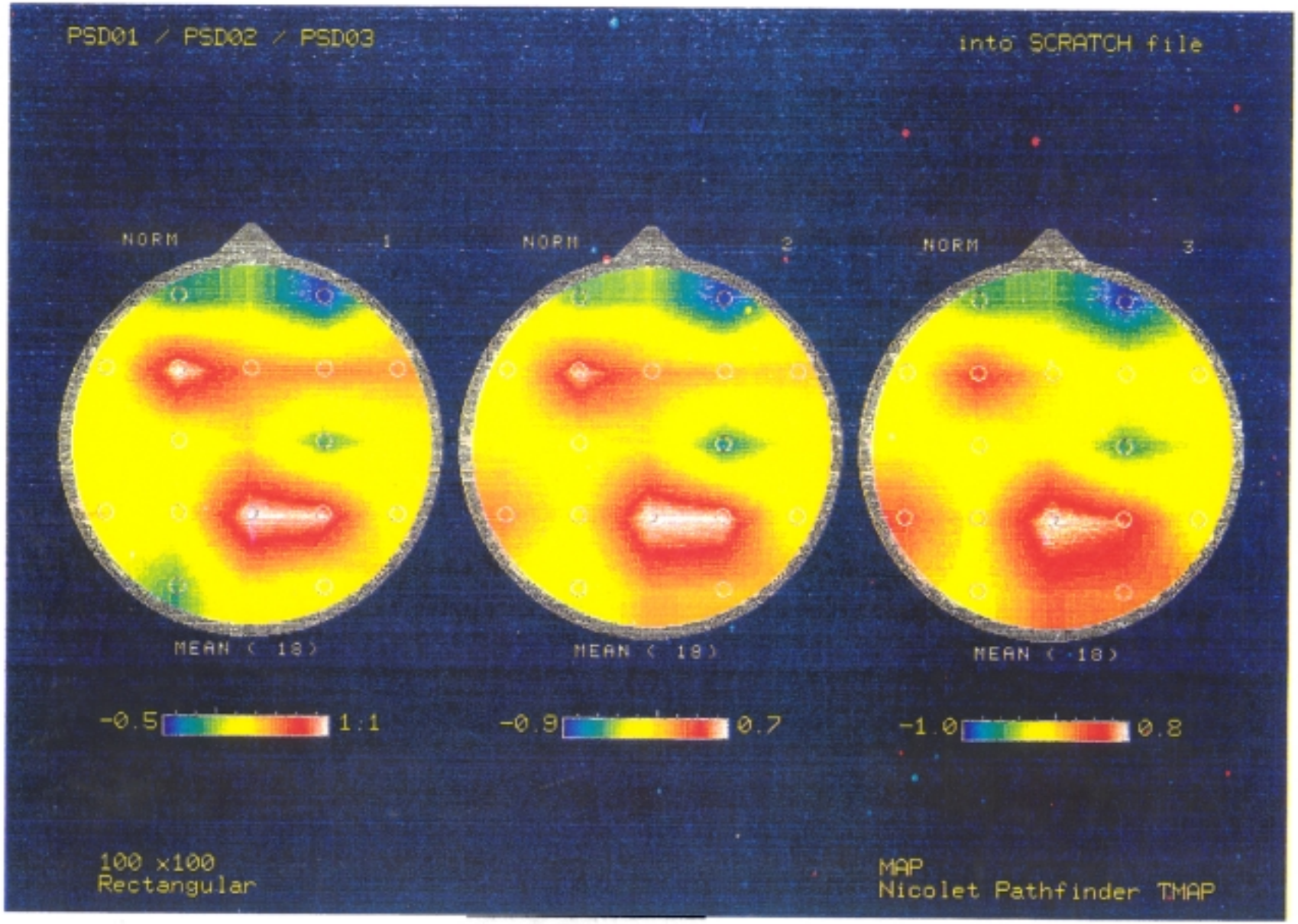
Gráfica 15

Gráfica 16: Corresponde al registro del **potencial evocado** del grupo **sedentario diestro** en la tarea de **Lateralización Visual de Símbolos.**

NORM 1: Corte 1 (250 mseg.)

NORM 2: Corte 2 (300 mseg.)

NORM 3: Corte 3 (350 mseg.)


PSD01 / PSD02 / PSD03
into SCRATCH file
NORM 1
NORM 2
NORM 3
MEAN (18)
MEAN (18)
MEAN (18)
-0.5
1.1
-0.9
0.7
-1.0
0.8
100 x100
Rectangular
MAP
Nicolet Pathfinder TMAP

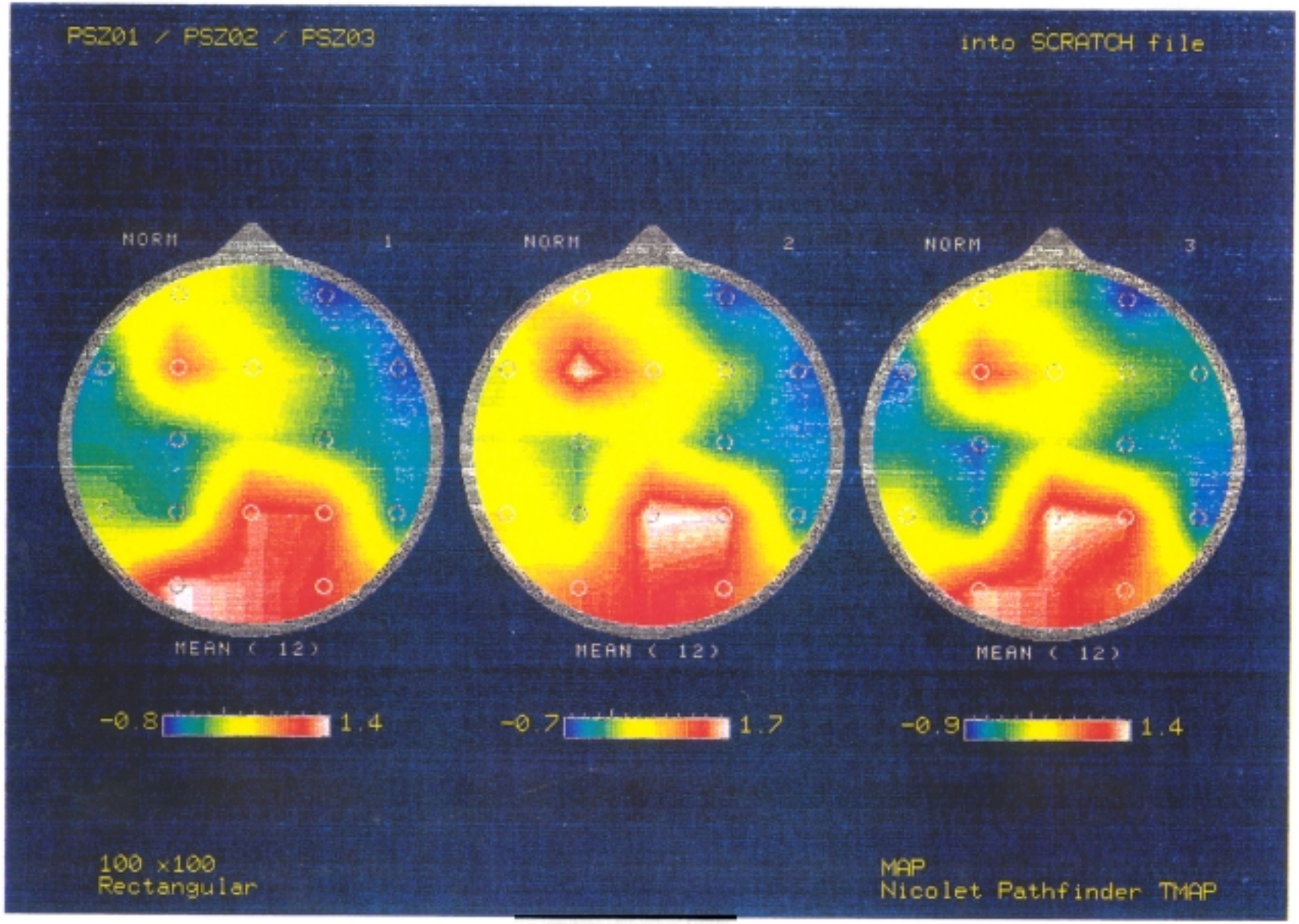
Gráfica 16

Gráfica 17: Corresponde al registro del **potencial evocado** del grupo **sedentario zurdo** en la tarea de **Lateralización Visual de Símbolos.**

NORM 1: Corte 1 (250 mseg.)

NORM 2: Corte 2 (300 mseg.)

NORM 3: Corte 3 (350 mseg.)


PSZ01 / PSZ02 / PSZ03
into SCRATCH file
NORM 1
NORM 2
NORM 3
MEAN (12)
MEAN (12)
MEAN (12)
-0.8
1.4
-0.7
1.7
-0.9
1.4
100 x100
Rectangular
MAP
Nicolet Pathfinder TMAP

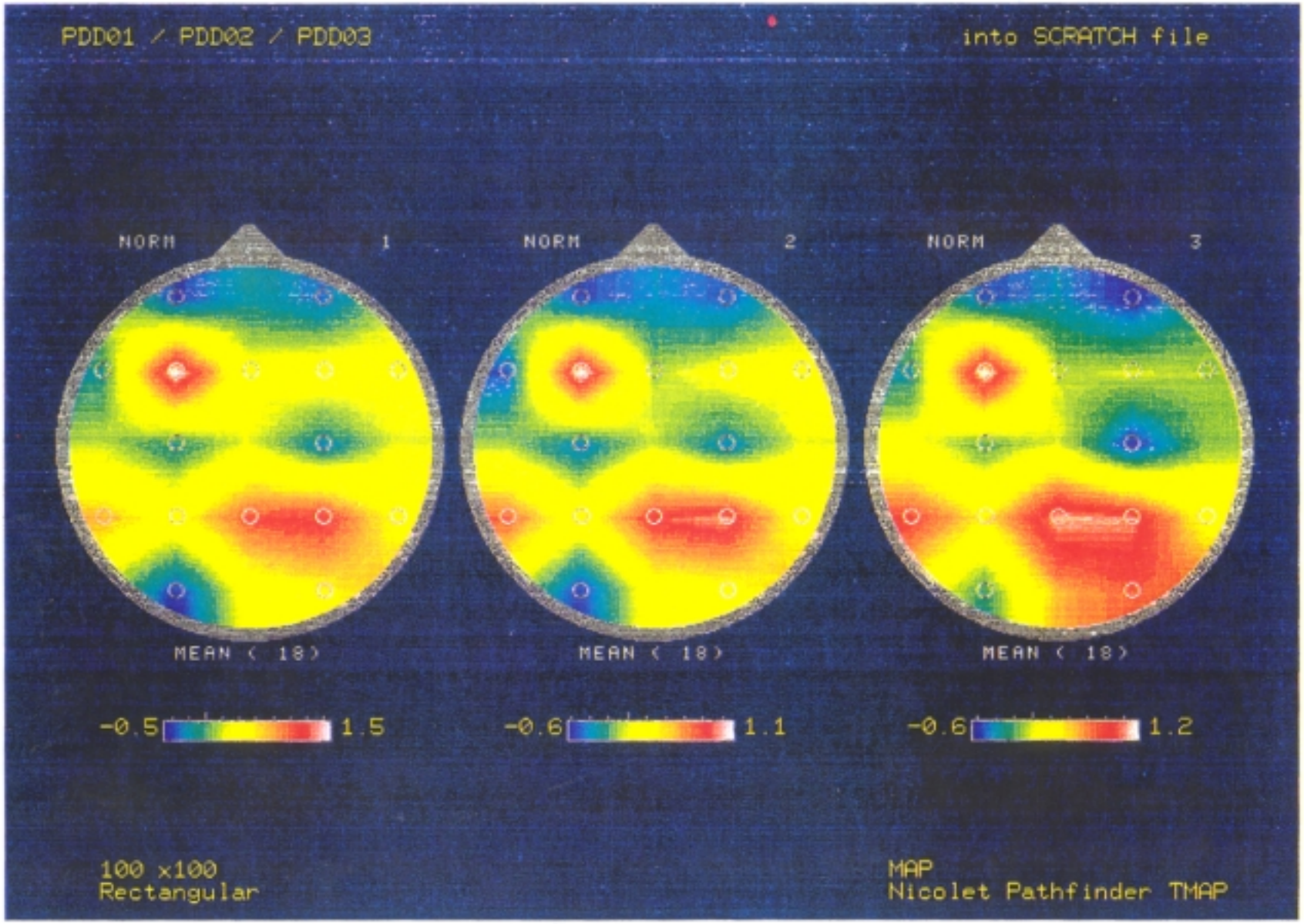
Gráfica 17

Gráfica 18: Corresponde al registro del **potencial evocado** del grupo **deportista diestro** en la tarea de **Lateralización Visual de Símbolos.**

NORM 1: Corte 1 (250 mseg.)

NORM 2: Corte 2 (300 mseg.)

NORM 3: Corte 3 (350 mseg.)


PDD01 / PDD02 / PDD03
into SCRATCH file
NORM 1
NORM 2
NORM 3
MEAN (18)
MEAN (18)
MEAN (18)
-0.5
1.5
-0.6
1.1
-0.6
1.2
100 x100
Rectangular
MAP
Nicolet Pathfinder TMAP

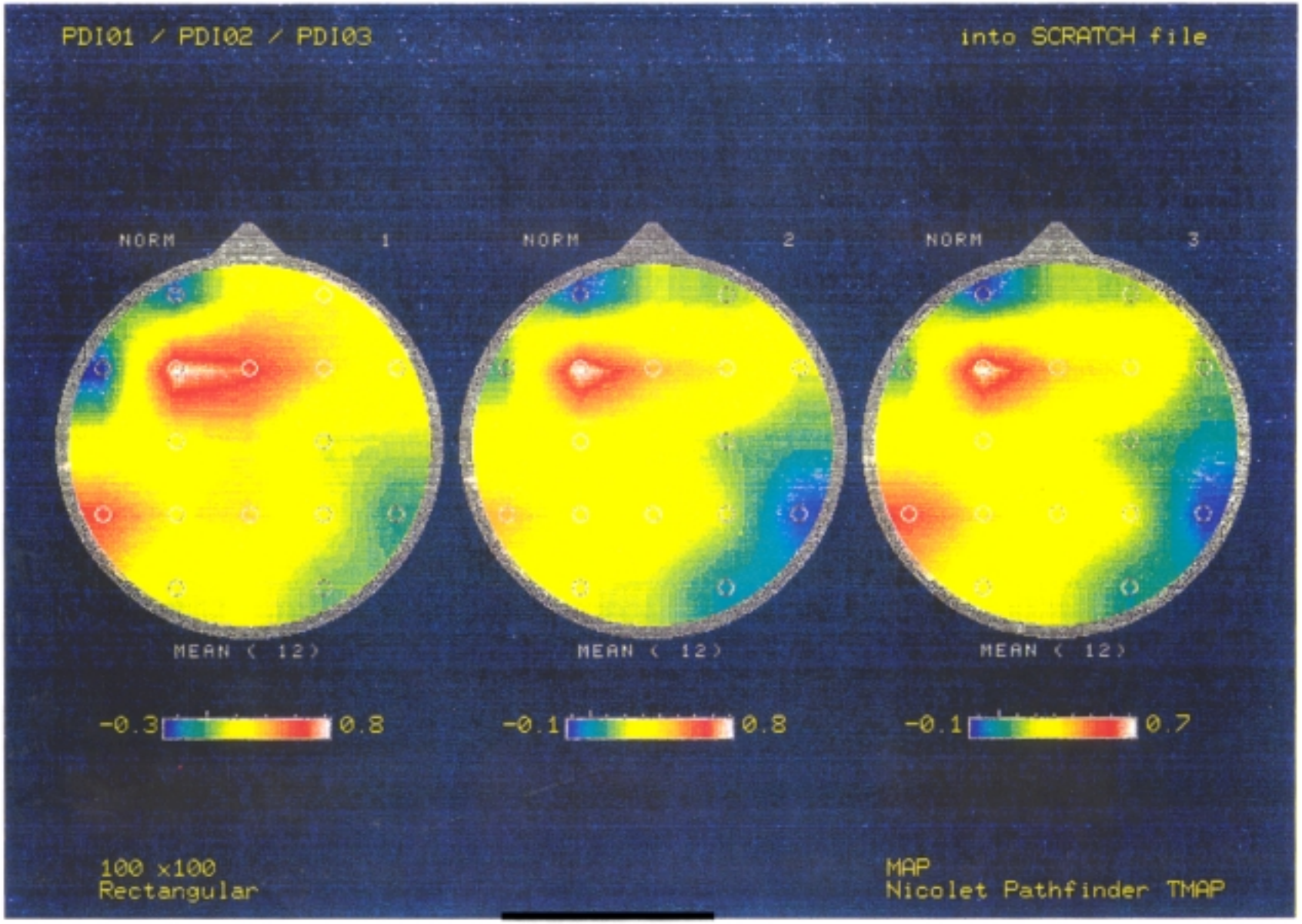
Gráfica 18

Gráfica 19: Corresponde al registro del **potencial evocado** del grupo **deportista zurdo** en la tarea de **Lateralización Visual de Símbolos.**

NORM 1: Corte 1 (250 mseg.)

NORM 2: Corte 2 (300 mseg.)

NORM 3: Corte 3 (350 mseg.)


PDI01 / PDI02 / PDI03
into SCRATCH file
NORM 1
NORM 2
NORM 3
MEAN (12)
MEAN (12)
MEAN (12)
-0.3
0.8
-0.1
0.8
-0.1
0.7
100 x100
Rectangular
MAP
Nicolet Pathfinder TMAP

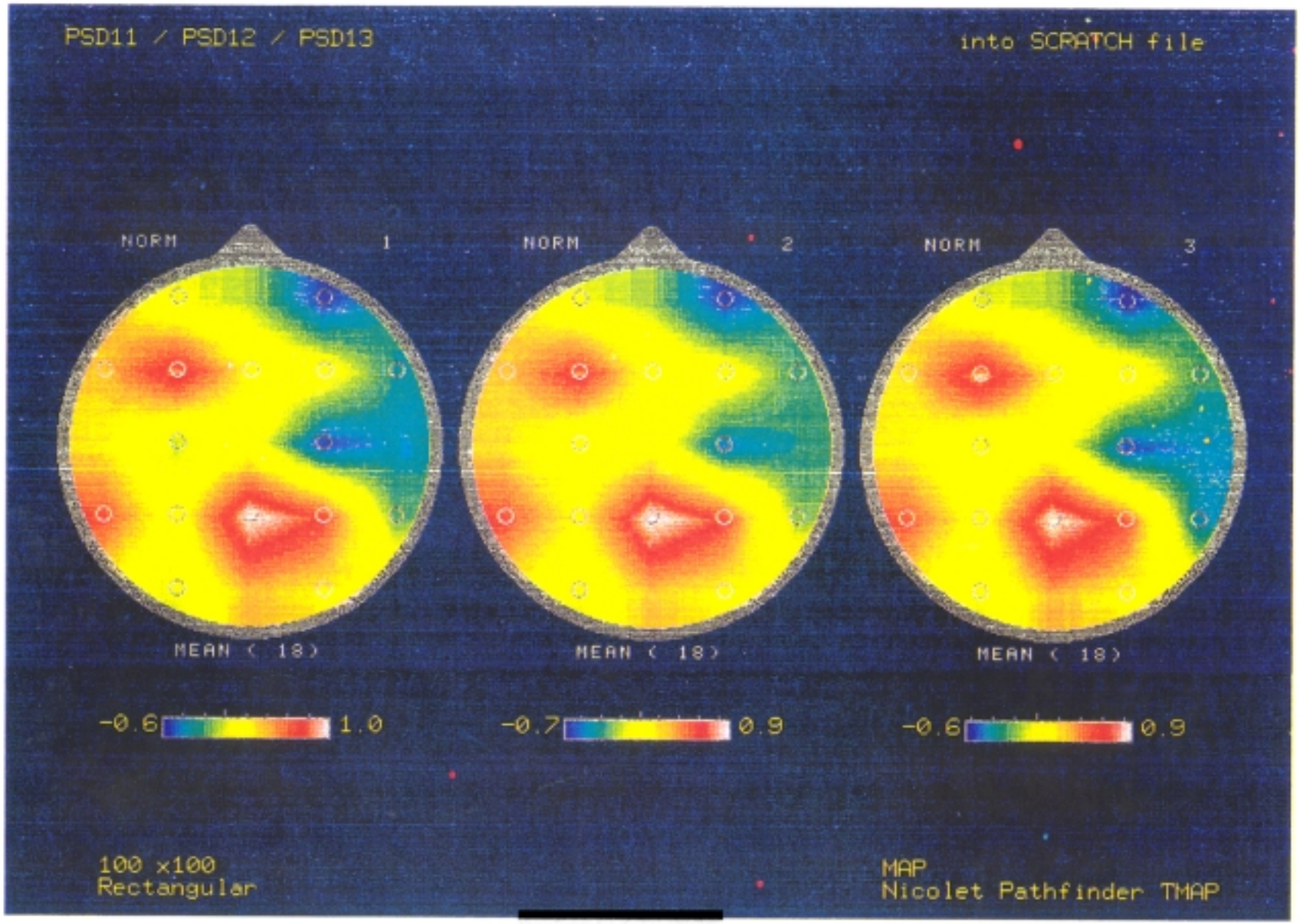
Gráfica 19

Gráfica 20: Corresponde al registro del **potencial evocado** del grupo **sedentario diestro** en la tarea de **Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento.**

NORM 1: Corte 1 (250 mseg.)

NORM 2: Corte 2 (300 mseg.)

NORM 3: Corte 3 (350 mseg.)


PSD11 / PSD12 / PSD13
into SCRATCH file
NORM 1
NORM 2
NORM 3
MEAN (18)
MEAN (18)
MEAN (18)
-0.6
1.0
-0.7
0.9
-0.6
0.9
100 x100
Rectangular
MAP
Nicolet Pathfinder TMAP

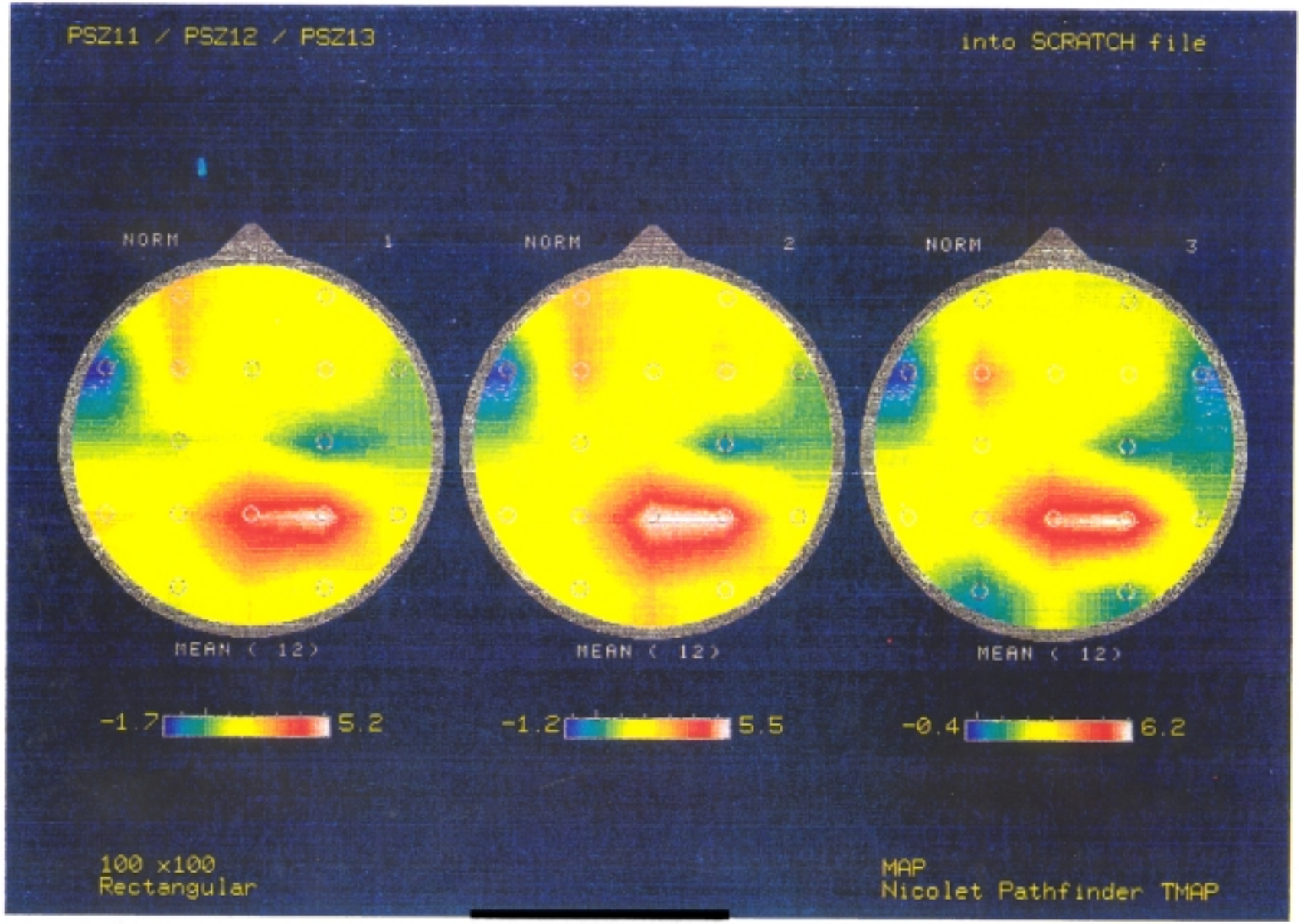
Gráfica 20

Gráfica 21: Corresponde al registro del **potencial evocado** del grupo **sedentario zurdo** en la tarea de **Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento.**

NORM 1: Corte 1 (250 mseg.)

NORM 2: Corte 2 (300 mseg.)

NORM 3: Corte 3 (350 mseg.)


PSZ11 / PSZ12 / PSZ13
into SCRATCH file
NORM 1
NORM 2
NORM 3
MEAN (12)
MEAN (12)
MEAN (12)
-1.7
5.2
-1.2
5.5
-0.4
6.2
100 x100
Rectangular
MAP
Nicolet Pathfinder TMAP

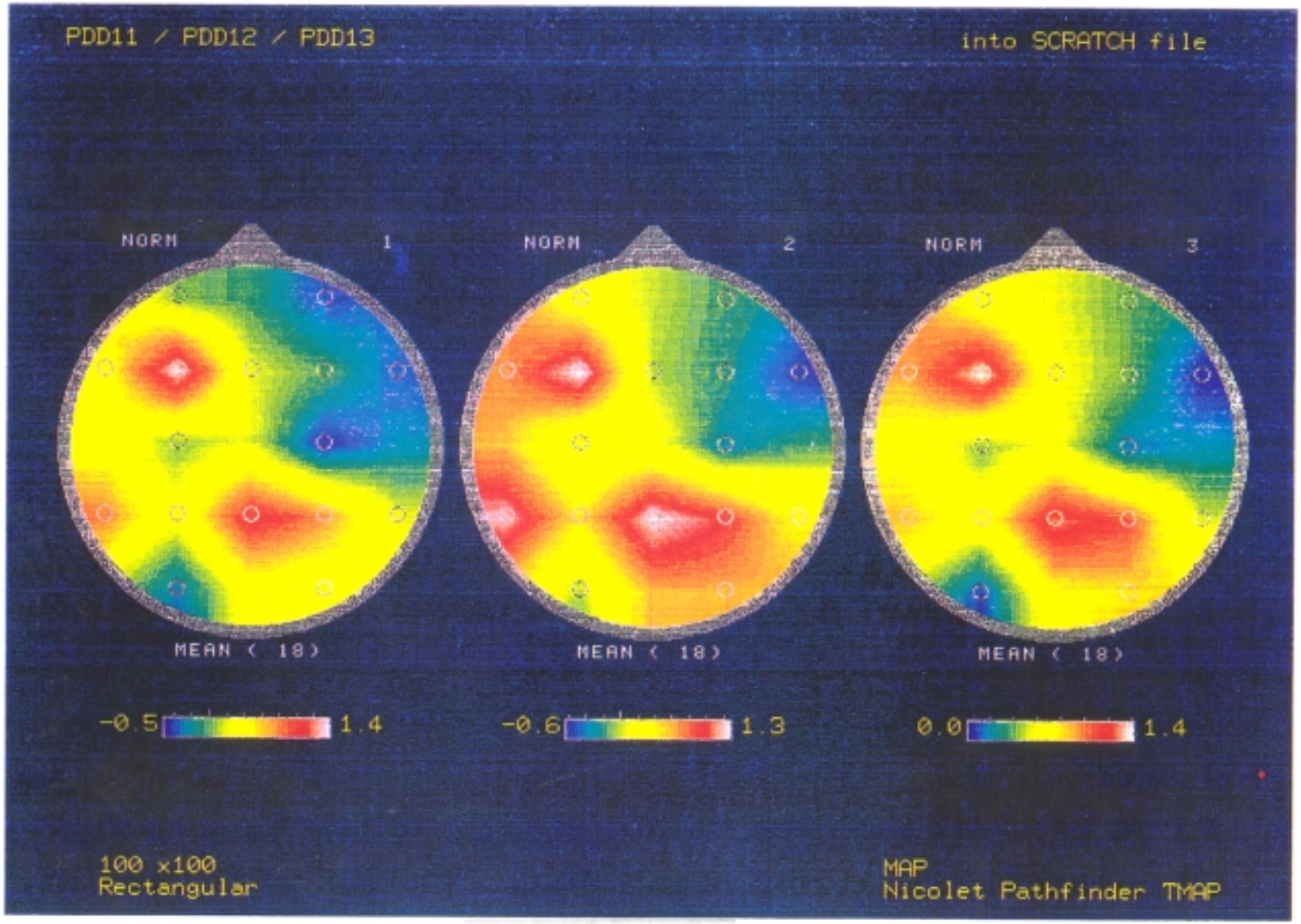
Gráfica 21

Gráfica 22: Corresponde al registro del **potencial evocado** del grupo **deportista diestro** en la tarea de **Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento.**

NORM 1: Corte 1 (250 mseg.)

NORM 2: Corte 2 (300 mseg.)

NORM 3: Corte 3 (350 mseg.)


PDD11 / PDD12 / PDD13
into SCRATCH file
NORM 1
NORM 2
NORM 3
MEAN (18)
MEAN (18)
MEAN (18)
-0.5
1.4
-0.6
1.3
0.0
1.4
100 x100
Rectangular
MAP
Nicolet Pathfinder TMAP

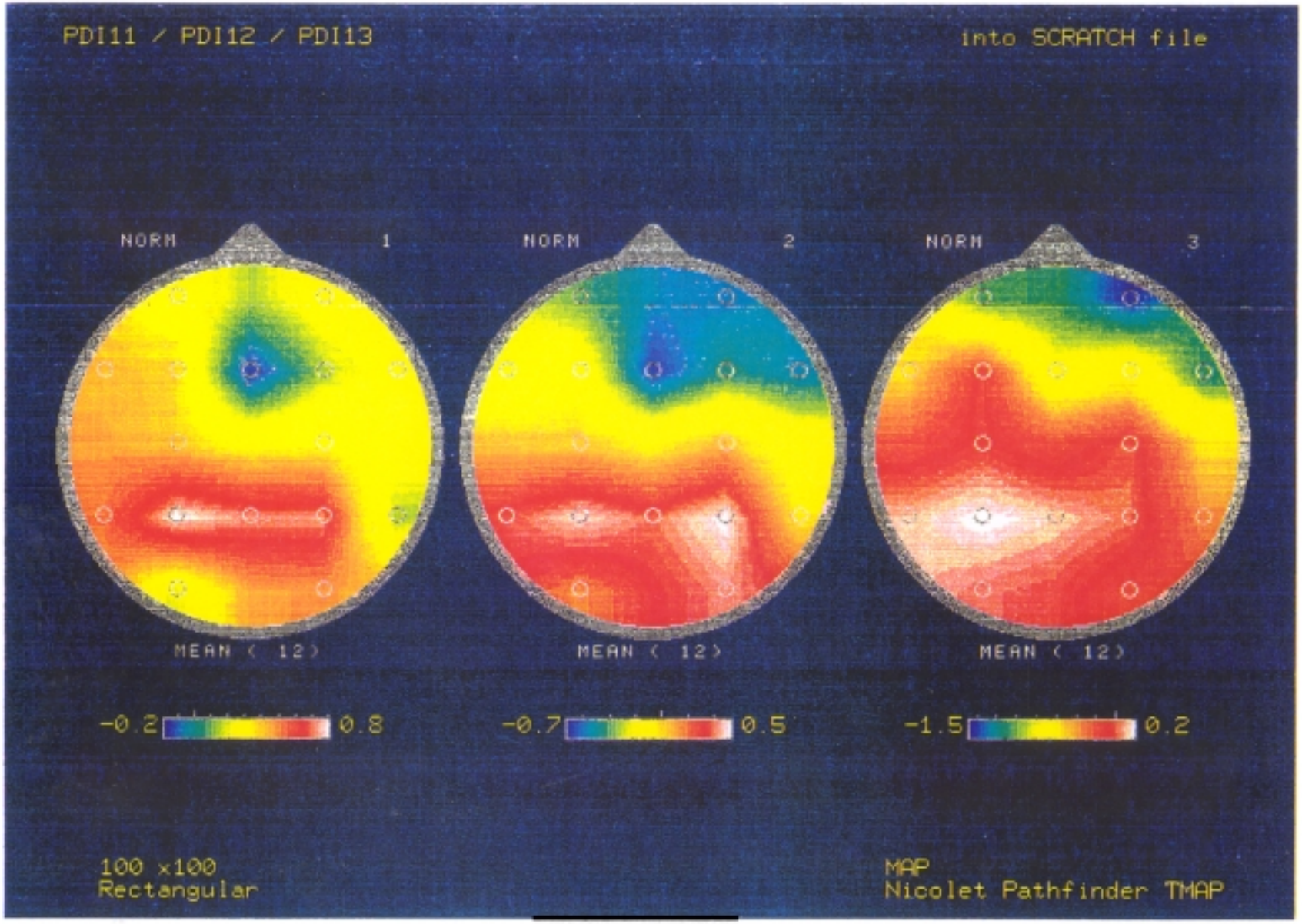
Gráfica 22

Gráfica 23: Corresponde al registro del **potencial evocado** del grupo **deportista zurdo** en la tarea de **Superposición de Estímulos Visuales en Movimiento.**

NORM 1: Corte 1 (250 mseg.)

NORM 2: Corte 2 (300 mseg.)

NORM 3: Corte 3 (350 mseg.)


PDI11 / PDI12 / PDI13
into SCRATCH file
NORM 1
NORM 2
NORM 3
MEAN (12)
MEAN (12)
MEAN (12)
-0.2
0.8
-0.7
0.5
-1.5
0.2
100 x100
Rectangular
MAP
Nicolet Pathfinder TMAP

Gráfica 23

...REUNIDO EL TRIBUNAL QUE SUSCRIBE EN EL DIA DE HOY LA LECTURA DE LA TESIS

TITULADA Actividad cerebral y deporte: un estudio mediante mapas de actividad eléctrica cerebral

DE LA QUE ES AUTOR DON Francisco Miguel Tobal

OBTUVO POR UNANIMIDAD / MAYORIA LA CALIFICACION DE (1)

Madrid, 24 de febrero de 1993

El Presidente,

El Vocal, El Vocal,

El Vocal, El Vocal Secretario,