

UNIVERSIDAD DE DEUSTO
TERCER CICLO

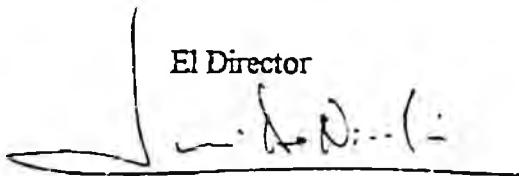
PROGRAMA: PSICOLOGÍA (*Salud y Familia*)

INDUCCIÓN Y VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL
del
ALIVIO del ESTRÉS
mediante
TECNOLOGÍA NEUROMÉTRICA

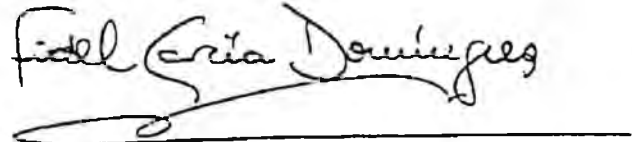
Tesis doctoral presentada por D. Fidel García Domínguez

Dirigida por el Dr. Luis de Nicolás y Martínez

El Director

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Luis de Nicolás y Martínez', written over a horizontal line.

El Doctorando

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Fidel García Domínguez', written over a horizontal line.

Deusto, 10 de Abril de 1999

Dedicado
a
todos los *Miembros*
del
'Instituto Científico Multidisciplinar M. G. de Jovellanos'
por su amistad, y por su callado y seguro apoyo, y bastante más, durante todo este tiempo

Reconocimientos

Deseo manifestar, en primer lugar, mi más sincero afecto, reconocimiento y amistad, al Doctor y Catedrático de la Universidad de Deusto, Don Luis de Nicolás y Martínez, por su experta dirección, y por los muchos ratos de duro trabajo y alegre ocio, pasados juntos.

No puedo olvidar al Doctor Imanol Amayra Caro, Profesor de Deusto, por su compañía, sus ajustados y oportunos consejos, y su aliento y amistad.

Igualmente, no puedo olvidarme de Ana Isabel Arteche, Consuelo González y Arantza Jauregui, psicólogas, amigas y componentes de un grupo entrañable, pues ellas me animaron en aquellos momentos, cuando más desanimado estaba, a lanzarme a esta aventura.

De ninguna manera quiero olvidarme del Padre Jesús Aguirre, ex profesor ya, emérito por muchos conceptos, de la Facultad de Informática de la Universidad de Deusto, por su paciencia, cariño y servicialidad, al iniciarnos a todos los componentes del grupo en la Informática y en la Estadística Aplicada por Ordenador, ya que sin su enseñanza, ciertas operaciones no habrían sido, ni tan fáciles, ni tan fiables.

José Ignacio Abando Yarza, también tiene un lugar muy importante en estos agradecimientos, ya que desde el principio de esta investigación, hemos compartido todos los momentos dulces y amargos, que conlleva, desarrollar hasta un buen final, un *Proyecto de Investigación* tan complejo y difícil como el que elaboramos juntos.

Enorme agradecimiento también a José Luis Arranz, por su amistad de muchos años, por el *Brain Tracer*, y por la *Colchoneta*, sin cuyos aparatos, no habría sido posible cumplimentar esta investigación en la forma desarrollada.

No olvido a Jone Otaegi, por su decidido apoyo al prestarnos las máquinas *Synchro Energizer*, con la anuencia del diseñador y propietario Denis E. Gorges, y puestas a prueba en esta investigación.

Para Andoni Liqueste, por su ayuda, sus consejos técnicos, y su disponibilidad, toda mi amistad: Tus consejos los verás plasmados en algunos lugares de este informe.

Javier Luis Merino de la Fuente, tiene también su mérito, por amistad, y por poner a mi disposición el *Sincro-Inductor SP*, previsto en un primer momento para emplearlo en la investigación, pero que luego no fue posible.

Y finalmente, reconocimiento, agradecimiento, y muchas cosas más, a los veinte esforzados voluntarios, seis chicos y catorce chicas, todos ellos amigos, y alumnos de Psicología, de la Facultad de FICE de la Universidad de Deusto, cuyos nombres necesito mencionar, y son, por orden de intervención en el Laboratorio: Arantza Arrillaga, Penélope Etxebarria, Olalla Robles, Estibaliz Basabe, Iñigo Azkune, Alfredo Santamaría, Olatz Salcedo, Amaia Diez, Itziar Barrenengoa, Maite Pereda, Asier Sarriugarte, Zuriñe Sarabia, Isabel Espiño, Gabriel Ausin, Aitor Franco, María Luz Moliner, María José Gómez, Susana Gómez, Iñigo Santisteban y Elena Tazueco. Como sé que os gustará hacerlo, espero sepáis reconocerlos en los datos que se presentan, cuantitativa y gráficamente, en este Informe Científico.

TOMO I

ÍNDICE DE CONTENIDOS

TOMO I

I. INTRODUCCIÓN	1
1. ESTADO DE LA CUESTIÓN: ENUNCIADO DEL PROBLEMA	2
1.1. LA DETECCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2. ÁREA DE INVESTIGACIÓN	4
1.3. IMPORTANCIA Y UTILIDAD CIENTÍFICA	5
1.4. LUGAR QUE OCUPA EN LA HISTORIA DEL PROBLEMA	6
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	11
2. PERSPECTIVA TEÓRICO-INVESTIGATIVA: DESCIFRANDO LOS LENGUAJES DEL CUERPO	12
2.1. VOLVERSE MÁS INTELIGENTE	13
2.1.1. INTRODUCCIÓN: ALGUNOS SUPUESTOS/ANTECEDENTES	14
2.1.1.1. PLANO DE LAS IDEAS	14
2.1.1.2. PLANO INSTRUMENTAL	15
2.1.1.3. PLANO METODOLÓGICO	16
2.1.1.4. PLANO BIOQUÍMICO Y ANATÓMICO	16
2.1.1.5. PLANO HUMANO: <i>El Equipo Humano, una Casualidad</i>	17
2.1.2. EL CRECIMIENTO CEREBRAL	17
2.1.2.1. ESTUDIOS INICIALES, AÑOS 50. <i>Primeras Hipótesis: Química Cerebral y Aprendizaje</i>	19
2.1.2.2. ESTUDIOS EXPERIMENTALES CON ANIMALES, AÑOS 60	19
2.1.2.2.1. Primera Serie: Experiencias Tempranas y Química Cerebral. Los Entornos	19
2.1.2.2.2. Segunda Serie: Cerebros más pesados. Consecuencias	22
2.1.2.2.3. Tercera Serie: Plasticidad Cerebral. Significado de los Resultados	22
2.1.2.2.4. Cuarta Serie: Entornos y Herencia. Resultados/Conclusión	23
2.1.2.2.5. Otras Investigaciones	25
2.1.2.2.5.1. <i>Grupo Argentino: Entornos Superenriquecidos</i>	25
2.1.2.2.5.2. <i>William Greenough: Estimulación Eléctrica y Crecimiento Cerebral</i>	25
2.1.3. ENVEJECIMIENTO Y REGENERACIÓN CEREBRAL	27
2.1.3.1. LAS GLÍAS	27
2.1.3.2. ENTROPÍA MENTAL TRADICIONAL: <i>Creencias</i>	29

2.1.3.2.1. Células Cerebrales y Capacidad Regenerativa	29
A) Experimentos de Clarence CONE	29
B) Experimentos de NOTTEBOHM	30
2.1.3.2.2. Pérdidas de Células y Cerebro	31
A) Estudios de M. C. DIAMOND	31
B) Stephen BUELL y Thomas McNEILL	32
2.1.3.2.3. Edad y Actividad Metabólica del Cerebro	33
2.1.3.3. <i>EJERCICIO FÍSICO Y DECADENCIA: Estudio Longitudinal</i>	33
2.1.3.4. <i>INTELIGENCIA CRISTALIZADA</i>	34
2.1.3.4.1. Nociones	34
2.1.3.4.2. Estudios	34
2.1.3.5. <i>EL CULTIVO DE NEURONAS</i>	38
 2.1.4. CONTEXTO HISTÓRICO Y MÁQUINAS DE LA MENTE	 39
2.1.4.1. <i>CONTEXTO HISTÓRICO</i>	39
2.1.4.2. <i>LAS 'MÁQUINAS DE LA MENTE'</i>	40
 2.2. CEREBRO ELECTRÓNICO: LA BIO-ELECTRICIDAD	 42
2.2.1. INTRODUCCIÓN	43
2.2.2. BREVE RESEÑA HISTÓRICA	43
2.2.2.1. <i>ANTIGUAS CULTURAS: LOS PECES ELÉCTRICOS</i>	43
2.2.2.2. <i>SIGLO XIX: LA ELECTROTHERAPIA</i>	44
2.2.3. MEDICINA QUÍMICA vs. MEDICINA FÍSICA: 'Informe FLEXNER'	45
2.2.4. LA INVESTIGACIÓN MÉDICA: OFICIAL y NO OFICIAL	45
2.2.5. LA ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA DEL CEREBRO	45
2.2.5.1. <i>AÑOS 20-50: LOS PIONEROS Y ESTIMULACIÓN INVASIVA</i>	45
2.2.5.1.1. Walter Hess: Nuevas Técnicas y Primeros Descubrimientos	45
2.2.5.1.2. Nuevas Confirmaciones	47
2.2.5.2. <i>AÑOS 50-60: 'AVANCES TECNOLÓGICOS' Y 'CENTROS DEL PLACER' 'DOLOR'</i>	47
2.2.5.2.1. Implantación Invasiva de Electrodo en Animales	49
2.2.5.2.2. Los 'Centros del Dolor' / 'Miedo'	52
2.2.5.2.3. Los 'Centros del Placer'	53
2.2.5.2.4. Robert H. Heath: La 'Estimulación del Cerebro Humano'	54
2.2.5.3. <i>AÑOS 60-70: LOS TENS (estimulación transcraneal neuroeléctrica)</i>	57
2.2.5.4. <i>AÑOS 70: TENS Y ENDORFINAS</i>	57
2.2.5.4.1. Primeras Explicaciones: Endorfinas y Naloxona	57
2.2.5.4.2. Los Alpha-Stim	58
2.2.5.4.3. Aplicaciones	59

2.2.6. BIOELECTRICIDAD, MEGABRAIN Y ESTADOS MENTALES	60
2.2.6.1. ASOCIACIÓN ENTRE 'ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA' Y 'ESTADOS MENTALES'	60
2.2.6.2. 'EEG' Y FUNCIONES COGNOSCITIVAS	60
2.2.6.3. EL PORVENIR	61
2.3. CEREBRO ELECTROQUÍMICO: LOS NEUROTRANSMISORES	63
2.3.1. INTRODUCCIÓN	64
2.3.2. LOS NEUROTRANSMISORES: Antecedentes	64
2.3.2.1. EL VITALISMO Y SUS ÚLTIMOS AVATARES	65
2.3.2.1.1. La Teoría y sus Fundamentos	65
2.3.2.1.2. La Experiencia Empírico-Experimental	66
2.3.3. NEUROANATOMÍA: Investigación Directa del Cerebro	67
2.3.3.1. PIONEROS: GOLGI, RAMÓN Y CAJAL	67
2.3.3.2. TEORÍA NEURONAL VS. TEORÍA RETICULAR	68
2.3.4. NEUROBIOLOGÍA: Las Funciones Cerebrales	70
2.3.4.1. BROCA, WERNICKE	70
2.3.4.2. SIGLO XX: LASHLEY, WEISS, ROGER SPERRY	71
2.3.4.3. LA NEUROFISIOLOGÍA	72
2.3.4.3.1. El Osciloscopio: Edgar Adrian y J. Eccles	72
2.3.4.3.2. La Batalla entre 'La Sopa' y 'La Chispa'	73
2.3.5. LOS PRIMEROS NEUROTRANSMISORES: Breve Historia	73
2.3.5.1. PRIMERA ETAPA, años 60: MODELO CEREBRAL, ENGRAMAS y ADN	73
2.3.5.2. PRIMEROS NEUROTRANSMISORES	74
2.3.5.2.1. Estudio Estructural Inicial	74
2.3.5.2.2. Primeras 'Funciones Asignadas y 'Modus Operandi'	75
2.3.5.2.3. Un Paso más: Los Opiáceos	76
2.3.5.3. PROBLEMA MENTE-CUERPO: NUEVAS INTERPRETACIONES	80
2.3.6. NUEVO MODELO CEREBRAL: Inteligencia en Circulación. Años 80	84
2.3.6.1. INVESTIGACIÓN DEL NIMH: NUEVO MODELO CEREBRAL	85
2.3.6.2. LA SINTETIZACIÓN DE NEUROTRANSMISORES	85
2.3.6.3. CEREBRO, SISTEMA NERVIOSO Y PENSAMIENTO	85
2.3.6.4. EL BODY-MIND	87
2.3.7. ELECTROQUÍMICA CEREBRAL, APARATOS MEGABRAIN Y ESTADOS DE CONCIENCIA	87

2.4. EL CEREBRO ELECTROMAGNÉTICO: EL BIOMAGNETISMO	89
2.4.1. INTRODUCCIÓN	90
2.4.2. GÉNESIS DEL MODERNO BIOMAGNETISMO ANIMAL: Años 70	97
2.4.2.1. PRIMEROS DATOS E INTENTOS: SENSO-INDUCCIÓN MAGNETISMO	92
2.4.2.2. SENSO-INDUCCIÓN Y CARDIOMAGNETISMO	93
2.4.2.3. BIO-MAGNETISMO	93
2.4.3. CONFERENCIAS SOBRE BIO-MAGNETISMO	95
2.4.4. INSTRUMENTACIÓN Y MÉTODOS: Primeros Magnetómetros	97
2.4.4.1. MAGNETO-INDUCCIÓN O SENSO-INDUCCIÓN (MI SI)	97
2.4.4.2. MAGNETOMETRÍA MEDIANTE 'FLUXGATE'	98
2.4.4.3. MAGNETOMETRÍA POR BOMBEO ÓPTICO (OPM)	98
2.4.4.4. MAGNETOMETRÍA SUPERSENSITIVA: LOS SQUIDS	99
2.4.4.5. TRAS LA SOLUCIÓN DE ALGUNOS PROBLEMAS	104
2.4.5. VALIDACIÓN INSTRUMENTAL: Primeros Resultados en Investigación Biomagnética con los SQUIDS	106
2.4.5.1. CAMPOS ELECTRO-MAGNÉTICOS DE LOS ÓRGANOS ELÉCTRICOS DE PECES	107
2.4.5.2. CAMPOS MAGNÉTICOS PROVOCADOS POR IMPULSOS NERVIOSOS	108
2.4.5.3. CAMPOS MAGNÉTICOS DE LOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS (MMG)	109
2.4.5.4. CAMPOS MAGNÉTICOS DEL OJO (MOG Y MRG)	109
2.4.5.5. MAGNETO-CARDIOGRAFÍA (MCG)	110
2.4.5.6. MAGNETO-ENCEFALOGRAFÍA (MEG)	111
2.4.5.6.1. Introducción: Soluciones Técnicas Previas	111
2.4.5.6.2. Actividad Magnética Espontánea de un Cerebro Normal	113
2.4.5.6.3. Campos Magnéticos Evocados (CMFs)	115
2.4.5.6.4. Actividad Magnética Espontánea del Cerebro Humano	118
2.4.6. 'SQUIDS' Y FUTURO: ¿Máquinas para leer el Pensamiento?	119
2.4.7. VALIDACIÓN DE LOS SQUIDS Y DE LOS APARATOS MEGABRAIN	121
2.5. AUTORREGULACIÓN CEREBRAL: BIORRETROALIMENTACIÓN	123
2.5.1. INTRODUCCIÓN: Convergencia de hechos y situaciones	124
2.5.2. CONTEXTO CULTURAL	124
2.5.2.1. DICOTOMÍA MENTE-CUERPO	124
2.5.2.2. SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO Y SISTEMA NERVIOSO CENTRAL	125

2.5.2.3. <i>CONDICIONAMIENTO Y APRENDIZAJE</i>	125
2.5.3. ANTECEDENTES: Trabajos Pioneros en Campos Afines	126
2.5.3.1. <i>REMOTOS</i>	126
2.5.3.2. <i>FINALES DEL SIGLO XIX</i>	126
2.5.3.3. <i>1901: PRIMEROS INGENIOS DE FEEDBACK</i>	126
2.5.3.4. <i>PROCEDIMIENTOS DE RELAJACIÓN: JACOBSON Y SCHULTZ</i>	126
2.5.3.5. <i>FISIÓLOGOS Y PSICÓLOGOS RUSOS</i>	127
2.5.3.6. <i>OCCIDENTE Y LOS MEDITADORES ORIENTALES</i>	127
2.5.3.7. <i>CIBERNÉTICA E INGENIERÍA ELECTRÓNICA</i>	127
2.5.4. LOS INICIOS DEL BIO-FEEDBACK: Años 60	128
2.5.4.1. <i>INVESTIGACIONES BÁSICAS CON ANIMALES: Miller y Colaboradores</i>	128
2.5.4.1.1. <i>Trabajos previos</i>	128
2.5.4.1.2. <i>Experimento inicial: Jay Trowill</i>	129
2.5.4.1.3. <i>Investigación Sistemática: Series Experimentales</i>	130
2.5.4.1.3.1. <i>Series con Ratas Curarizadas</i>	130
2.5.4.1.3.2. <i>Tipos de Refuerzos</i>	130
2.5.4.1.3.3. <i>Proceso Respuestas Autónomas Experimentales</i>	130
2.5.4.1.3.4. <i>Primeras Conclusiones</i>	131
2.5.4.2. <i>INVESTIGACIONES BÁSICAS CON HUMANOS</i>	132
2.5.4.2.1. <i>La Actividad Encefalográfica: Joseph Kamiya</i>	132
2.5.4.2.1.1. <i>Discriminación</i>	132
2.5.4.2.1.2. <i>Entrenamiento Control de Ondas Cerebrales</i>	133
2.5.4.2.1.3. <i>'EEG' y 'Meditación Zen'</i>	134
2.5.4.2.1.4. <i>El Ritmo ALFA: Primera Aproximación</i>	134
2.5.4.2.1.5. <i>Otros Ritmos Cerebrales</i>	134
2.5.4.2.1.5.1. <i>Bárbara B. Brown</i>	134
2.5.4.2.1.5.2. <i>Elmer E. Green</i>	136
2.5.4.2.1.5.3. <i>Thomas Budzynski</i>	137
2.5.4.2.1.6. <i>Primeras Aplicaciones: Condicionamiento de Masas</i>	138
2.5.4.2.1.7. <i>Condicionamiento Operante vs. Auto-Educación con BioFeedback</i>	138
2.5.4.2.1.8. <i>Otros Estudios: Nuevos Ritmos de Ondas Cerebrales</i>	139
2.5.4.2.2. <i>La Actividad Eléctrica de la Piel</i>	140
2.5.4.2.2.1. <i>Objetivos</i>	140
2.5.4.2.2.2. <i>Equipos de Investigación: Kimmel y Shapiro</i>	140
2.5.4.2.3. <i>El Potencial o Actividad Neuromuscular</i>	140
2.5.4.3. <i>RESUMEN</i>	141
2.5.5. LA CONSOLIDACIÓN DEL BIO-FEEDBACK: Años 70	141
2.5.5.1. <i>PRIMERAS DEFINICIONES</i>	142

2.5.5.1.1. Biofeedback: Definición aproximativa	142
2.5.5.1.2. Procedimientos Metodológicos	142
2.5.5.1.3. Principios Teóricos	143
2.5.5.1.4. Procedimientos Instrumentales	144
 2.5.5.2. INVESTIGACIONES BÁSICAS DE LABORATORIO	 144
2.5.5.2.1. Con Animales	144
2.5.5.2.2. Con Humanos	145
2.5.5.2.3. Objetivos y Campos más Relevantes	145
 2.5.5.3. APLICACIONES DEL BIO-FEEDBACK A PROBLEMAS CLÍNICOS	 145
 2.5.5.4. LOGROS INSTITUCIONALES	 146
 2.5.6. BIOFEEDBACK, ESTADOS ALFA Y 'MÁQUINAS DE LA MENTE'	 147
 3. ESTADO ACTUAL: NEUROCIENCIA, LA ÚLTIMA FRONTERA	 148
 3.1. LA NEUROMETRÍA DESDE LA AVENTURA DEL EEG	 149
 3.1.1. PRIMERA ETAPA. AÑOS 20: Registro de la Actividad Eléctrica del Cerebro	 150
3.1.1.1. TRAS EL 'EEG': PRIMEROS INTENTOS	150
3.1.1.2. 'EEG' Y 'ONDAS CEREBRALES'	152
3.1.1.3. 'EEG' E 'INFORMATIZACIÓN'	154
3.1.1.4. 'EEG': PRIMEROS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	155
3.1.1.5. FIJACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MEDICIÓN DEL 'EEG'	156
 3.1.2. SEGUNDA ETAPA: DESCODIFICACIÓN DEL 'EEG': Descifrando el Lenguaje del Cuerpo (Años 60 y siguientes)	 159
3.1.2.1. INSTRUMENTACIÓN BÁSICA	159
3.1.2.2. 'EEG' Y 'CONDUCTA': UN ACERCAMIENTO A UNO DE LOS LENGUAJES DEL CEREBRO	159
3.1.2.3. LAS 'RESPUESTAS EVOCADAS'	160
3.1.2.4. PLANES EXPERIMENTALES: LA NEUROMETRÍA	163
3.1.2.4.1. 'ERPs' y 'Estados de Conciencia'	163
3.1.2.4.2. 'Patrones EEGs' y 'Campos Eléctricos Débiles'	165
3.1.2.4.3. 'ERPs' e 'Inteligencia'	166
3.1.2.4.4. 'ERPs' y Detección de Mentiras'	167
3.1.2.4.5. 'ERPs' y 'Significado Contextual y Lingüístico'	168
3.1.2.4.6. 'EEGs' y Modelos Electrofisiológicos': E. Roy John	169
 3.1.3. RESPUESTAS DE SEGUIMIENTO DE FRECUENCIAS Y EEG	 172

3.2. LUCES Y SONIDOS	174
3.2.1. INTRODUCCIÓN: TRANSMISIÓN/CAPTACIÓN FÓTICO/AUDITIVA	175
3.2.2. LA LUZ: El parpadeo Provoca Alucinaciones. Hitos Importantes	175
3.2.2.1. FUEGO Y PARPADEO: APULEJO Y RUEDA DE ALFARERO	175
3.2.2.2. PTOLOMEO: LUZ SOLAR Y RUEDA DE RADIOS	176
3.2.2.3. TALBOT-PLATEAU: RUEDA ESTROBOSCÓPICA Y FENÓMENO DE FUSIÓN DEL PARPADEO	176
3.2.2.4. PIERRE JANET: LUCES PARPADEANTES E HISTERIA Y RELAJACIÓN	176
3.2.2.5. JOE KAMIYA: EEG Y ESTADOS DE CONCIENCIA	176
3.2.3. EL SONIDO: Chamanes, Sonidos Rítmicos y Conciencia	177
3.2.3.1. CHAMANES-SACERDOTES Y ESTADO CHAMÁNICO DE CONCIENCIA	178
3.2.3.2. TAM-TAM Y EEG	178
3.2.3.3. FASCINACIÓN POR SONIDOS RÍTMICOS: MÚSICOS COMPOSITORES	178
3.2.4. LUCES Y SONIDOS: Conciencia Alterada y 'Entrainment'	178
3.2.4.1. LUCES SONIDOS RÍTMICOS Y ESTADOS DE TRANCE	178
3.2.4.2. EL CINE Y EL ROCK: IMÁGENES Y SONIDOS	179
3.2.4.3. ESTROBOSCOPIO ELECTRÓNICO Y RSF Ó 'ENTRAINMENT'	179
3.2.4.4. LA MÁQUINA DE SUEÑOS Y EFECTOS PSICODÉLICOS	180
3.2.4.5. EEG Y SINCRONIZACIÓN HEMISFÉRICA	180
3.2.5. LOS PRIMEROS APARATOS MEGABRAIN	181
3.2.5.1. JACK SCHWARZ Y SU 'ISIS': PRIMER INFORME CIENTÍFICO	181
3.2.5.2. PRIMERA PATENTE: INVENTORES DE APARATOS MEGABRAIN	181
3.2.5.3. PRIMERAS GENERACIONES DE APARATOS MEGABRAIN	182
3.2.5.4. EL FUTURO: BIOFEEDBACK, ORDENADORES, APARATOS MEGABRAIN	182
3.2.6. LUZ DE ESPECTRO COMPLETO	184
3.2.6.1. LUZ DE ESPECTRO COMPLETO: LA CURVA DE DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL	184
3.2.6.2. LUCES DE ESPECTRO COMPLETO	184
3.2.6.3. APARATOS MEGABRAIN Y LUCES DE ESPECTRO COMPLETO	185
3.2.7. UNA POLÉMICA: Luces Blancas-Luces Rojas	185
3.2.7.1. DENIS E. GORGES Y POLÉMICA	185
3.2.7.2. LUZ BLANCA-LUZ ROJA: VARIABLES PARA UNA POLÉMICA	186
3.2.7.3. CONTRAPUNTO: LOS DIODOS LEDS	187
3.2.7.4. ¿BOMBILLAS Ó DIODOS LEDS ROJOS?	188
3.2.7.5. FINAL DE LA POLÉMICA: DIODOS BLANCOS Ó PANEL DE DIODOS	189

3.2.7.6. <i>LUCEs Y RSP O "ENTRAINMENT"</i>	189
3.2.8. INVESTIGACIÓN ACTUAL SOBRE INFLUENCIA DE LUZ/SONIDOS (LS)	190
3.2.8.1. <i>APARATOS DE L.S Y "CLAIMS"</i>	190
3.2.8.2. <i>RESEÑA DE TRABAJOS</i>	191
3.2.8.2.1. <i>Puesta a Prueba de los Aparatos</i>	191
3.2.8.2.2. <i>Aplicaciones Clínicas de Luces y Sonidos</i>	195
<i>A) Desorden Hiperactivo del Déficit de Atención en Niños</i>	196
<i>B) Biofeedback EEG y Abuso de Alcohol</i>	196
<i>C) Estimulación Fónica e Imaginería</i>	197
<i>D) Coherencia Hemisférica y Estimulación Fónica</i>	198
<i>E) Estimulación Audio Binauriculares</i>	199
<i>F) Asimetría Cerebral</i>	199
<i>G) Comentario Global</i>	200
3.2.9. BALANCE TRAS 20 AÑOS MÁQUINAS MEGABRAIN: Ideas de Futuro	201
3.3. RESPUESTA NEUROMÉTRICA AL ESTRÉS	203
3.3.1. <i>LAS HIPÓTESIS</i>	204
3.3.2. <i>JUSTIFICACIÓN DE LAS HIPÓTESIS</i>	205
II. M É T O D O	206
4. LA LÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN	207
<i>4.1. Sujetos:</i>	208
4.1.1. <i>La Población</i>	208
4.1.2. <i>La Muestra</i>	208
<i>4.2. Variables</i>	208
4.2.1. <i>Medidas Psicológicas</i>	209
4.2.2. <i>Medidas Psicofisiológicas</i>	209
A) <i>Medidas Cardiovasculares</i>	209
a) <i>Tasa Cardíaca</i>	
b) <i>Presión Sanguínea</i>	
B) <i>Medidas Electroencefalográficas EEG</i>	210

4.3. Instrumentos:	211
4.3.1. Aparatos Presentadores de Estímulos:	211
1. Synchro Energizer	211
2. Colchoneta Electromagnética	212
3. Magnetófono.	212
4.3.2. Aparatos Captadores/Registradores de Señales:	213
1. Ordenador Personal	213
2. Esfigmomanómetro	213
3. Brain Tracer (BT)	213
4.3.3. Instrumentos de Papel y Lápiz	219
1. Cuestionario STAI-E y R, de Ansiedad.	219
2. Cuestionario descriptivo sobre la Relajación	219
4.4. Procedimiento:	219
4.4.1. Procedimientos:	219
1º. Sesión Informativa Previa:	219
A) Propósito del Estudio.	
B) Cuestionarios.	
2º. Sesión Experimental.	220
3º. Condiciones Ambientales y Desarrollo de las Sesiones.	221
4.4.2. Diseño, y el Porqué del Diseño Intragrupo:	221
• La Lógica del Diseño	222
• Validez Interna	222
• Sujetos Necesarios	224
• Tratamiento y Duración	225
• Validez Externa	226
 III. RESULTADOS	 228
5. PRESENTACIÓN DE LOS DATOS Y ANÁLISIS	229
5.1. DATOS DIRECTOS Y GLOBALES: Primera Codificación	230
5.2. TRANSFORMACIONES DE DATOS	230
5.3. CORRELATOS PSICOFISIOLÓGICOS: Presentación Descriptiva	231
5.3.1. TASA CARDÍACA	231
5.3.2. PRESIÓN SANGUÍNEA	233
5.3.3. STAI-E	234
5.4. CORRELATOS ENCEFALOGRAFICOS	235
5.4.1. DATOS DIRECTOS Y TABLAS	235

5.4.2. TRANSFORMACIÓN DE DATOS: <i>Tiempos y Rangos de Presentación</i>	236
5.4.3. MANOVA DE MEDIDAS REPETIDAS: <i>'Tiempos 0m. 0s. a 5m. 0s.'</i>	237
5.4.3.1. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '12 Hertzios'	237
5.4.3.1.1. <i>Análisis Exploratorio: '1º Cuadro del Análisis de Varianza'</i>	237
5.4.3.1.2. <i>Análisis de Diferencias: Transformación de Variables</i>	237
5.4.3.1.3. <i>Comprobaciones en Busca de Diferencias:</i>	238
1º. <i>Comprobación del Efecto Constante</i>	238
2º. <i>El '4º Cuadro de Análisis de Varianza'</i>	239
3º. <i>Comprobación del Efecto Relajación:</i>	239
a) <i>Aproximación basada en Criterios Multivariados</i>	240
b) <i>Aproximación Univariada, (Modelo Mixto)</i>	241
c) <i>Resultados Univariados Medios</i>	241
d) <i>Cálculo de la Magnitud de las Diferencias</i>	242
e) <i>Exigencias de la Aproximación Univariada</i>	243
5.4.3.2. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '11 Hertzios'	244
5.4.3.3. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '10 Hertzios'	244
5.4.3.4. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '9 Hertzios'	245
5.4.3.5. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '8 Hertzios'	246
5.4.3.6. 'Perfiles de Sincronización Cerebral': <i>'Tiempos 0m. 0s. a 5m. 0s.'</i>	246
5.4.4. MANOVA DE MEDIDAS REPETIDAS: <i>'Tiempos 5m. 0s. a 10m. 0s.'</i>	258
5.4.4.1. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '12 Hertzios'	258
5.4.4.2. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '11 Hertzios'	258
5.4.4.3. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '10 Hertzios'	259
5.4.4.4. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '9 Hertzios'	260
5.4.4.5. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '8 Hertzios'	261
5.4.4.6. 'Perfiles de Sincronización Cerebral': <i>'Tiempos 5m. 0s. a 10m. 0s.'</i>	161
5.4.5. MANOVA DE MEDIDAS REPETIDAS: <i>'Tiempos 10m. 0s. a 15m. 0s.'</i>	261
5.4.5.1. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '12 Hertzios'	262
5.4.5.2. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '11 Hertzios'	262
5.4.5.3. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '10 Hertzios'	263
5.4.5.4. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '9 Hertzios'	264
5.4.5.5. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '8 Hertzios'	264
5.4.5.6. 'Perfiles de Sincronización Cerebral': <i>'Tiempos 10m. 0s. a 15m. 0s.'</i>	265
5.4.6. MANOVA DE MEDIDAS REPETIDAS: <i>'Tiempos 15m. 0s. a 20m. 0s.'</i>	265
5.4.6.1. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '12 Hertzios'	265
5.4.6.2. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '11 Hertzios'	266
5.4.6.3. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '10 Hertzios'	266
5.4.6.4. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '9 Hertzios'	267
5.4.6.5. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '8 Hertzios'	268
5.4.6.6. 'Perfiles de Sincronización Cerebral': <i>'Tiempos 15m. 0s. a 20m. 0s.'</i>	268
5.5. CUESTIONARIO ABIERTO SOBRE RELAJACIÓN	269

IV. DISCUSIÓN 272

6. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES 273

6.1. Generalidades 274

6.2. ¿Éxito o Fracaso? 274

6.3. ¿Se cumplieron los Objetivos? 275

6.4. Las Hipótesis 275

6.4.1. Primeras Impresiones 276

6.4.2. Correlatos Psicofisiológicos: Tasa Cardíaca y Presión Sanguínea 276

6.4.3. Correlatos Psicológicos: STAI-E 279

6.4.4. Correlatos Encefalográficos: El EEG 281

6.4.5. Sincronización Cerebral 289

6.4.6. Sensaciones de Bienestar 290

6.5. Implicaciones-Sugerencias 290

6.5.1. Implicaciones 290

6.5.2. Sugerencias 291

6.6. Limitaciones 293

6.6.1. La Muestra 293

6.6.2. El diseño 294

6.6.3. Los Instrumentos 294

6.7. Conclusiones 295

V. REFERENCIAS 298

7. JUSTIFICACIÓN BIBLIOGRÁFICA 299

TOMO II

VI. APÉNDICES 316

8. COMPLEMENTOS 317

8.1. 'Apéndice A': 'Tablas de Datos Codificados, Cuadros de Análisis Estadísticos y Figuras' 318

8.2. 'Apéndice B': 'Cuestionario Abierto sobre Relajación'	537
8.3. 'Apéndice C': 'Instrucciones de Relajación 'Tipo Jacobson''	540
8.4. 'Apéndice D': 'Breve Guía para los Usuarios de los Aparatos de Luz Sondo'	550
8.5. 'Apéndice E': 'Colchoneta: Generador de Campos Electromagnéticos'	504
8.6. 'Apéndice F': 'Contrato de 'Liberación de Responsabilidades' y 'Acuerdo de Liberación Formal'	600
8.7. 'Apéndice G': 'Cuestionario Demográfico'	603

I. INTRODUCCIÓN

1. ESTADO DE LA CUESTIÓN: ENUNCIADO DEL PROBLEMA

1.1. La Detección del Problema

Es un hecho, y creo que no es necesario aportar pruebas para demostrarlo, que el hombre ha estado, está y se prevé que seguirá estando intensamente interesado por su propio *Estado de Salud*, por su *Estado de Conciencia*, por su *Eficiencia*, y por las de los demás.

La Historia de la Cultura, desde muchas perspectivas, nos recuerda que en esos afanes, el hombre ha acudido a utensilios, a artefactos, instrumentos, aparatos, sustancias... de lo más diverso e increíble. Hoy en día, la investigación que busca ese *instrumental*, que cumpla tales finalidades, sigue viva, y pretende que esos aparatos/instrumentos posean la máxima fiabilidad y validez para ayudar a la gente a aclararse en campos tan amplios como la Salud, la Terapia, la Orientación, la Selección... Es un campo en continuo desarrollo y renovación.

En cierto tipo de Literatura podemos encontrar descripciones narrativas como la siguiente: "Muchos profesionales, y no profesionales, de todo tipo, y condición, y en todo el mundo, cargados de trabajo, de preocupaciones, de ansiedades, que en hogares, oficinas, clínicas... actualizan cada día escenas parecidas a la siguiente: Se ponen cómodamente recostados, o tumbados. Sujetan unos pequeños clips a los lóbulos de sus orejas, se ponen una especie de gafas oscuras, cierran sus ojos y presionan un sencillo botón en la botonera de un pequeño y misterioso aparato. Dentro de las gafas comienzan a parpadear unas lucecitas. Y poco a poco van sintiendo un agradable cosquilleo que partiendo de sus orejas se expande por todo su cerebro. Al mismo tiempo, al ritmo de las luces, escuchan fascinantes tonos vibrantes. Se le aparecen torbellinos calidoscópicos de luz y colores extraordinarios, y se sumergen en un estado profundo de relajación y ensueño. Poco a poco comienzan a contemplar vividas imágenes mentales. Y en esa contemplación permanecen durante 15, 20, 30 minutos, más o menos. Tras esto se enderezan, se quitan las gafas, los cascos y los clips de los lóbulos. Han aprendido a percibir que todo su cuerpo se estremece ahora de energía, fresca, calma profunda. Hacen todo esto porque, después de esos minutos, han descubierto que sus cerebros siguen funcionando con mucha más eficacia que antes, sus cuerpos permanecen profundamente relajados durante mucho tiempo y se sienten más vivos, más sanos, mucho mejor..." (Hutchison, 1994, pp.3-4).

Esta descripción, aparentemente rutinaria, no es extraída de la *Literatura de Ciencia Ficción*. Hoy en día, más sofisticados, siguen existiendo utensilios/aparatos/artefactos de ese tipo y con esas finalidades. Es obligación de la Ciencia Experimental acercarse a ese campo e intentar dar un poco de luz y comprobar su validez en sucesivos estudios controlados. Gracias a esta labor científica se puede hablar ya de algunas evidencias, aunque perduran muchas dudas, e incluso justificados rechazos, respecto de los enormes poderes que se atribuyen y se buscan con el uso de dichas máquinas. Algunas, gracias a un marketing agresivo en lo comercial, pero sin soporte en hechos empíricos comprobados, se multiplican cada día, variando en formas, tamaños, posibilidades y precios. La competencia, ¡quién lo diría!, entre algunos fabricantes por sus modelos y sistemas es durísima... (Hutchison, 1992).

Estos nuevos utensilios suponen un salto cualitativo respecto a los tradicionales instrumentos de medida, comúnmente llamados de papel y lápiz y otros, que han servido y sirven aún para detectar y registrar conductas. Me refiero con todo lo anterior, de una forma muy especial, a las llamadas '*Máquinas de la Mente*' ('*Mind's Machines*'). Pero ante estos nuevos utensilios, dado el uso dudoso y frecuente que se está haciendo de algunos de ellos, muchos *Profesionales de la Salud* tienen numerosas y serias dudas que provocan que dichos profesionales fuercen el gesto y

se muestren escépticos, y, si no contrarios, al menos, contrariados. Y ese rechazo no es un simple tic de tipo profesional. Dichos aparatos, en sus aplicaciones y sobre todo en sus atribuidas virtualidades suscitan sólidas dudas teóricas y prácticas. Por eso se impone la validación pormenorizada de todo utensilio/artefacto/instrumento que toque/se destine/se emplee en relación con la Salud. Esa validación exige manejar amplias muestras representativas, manipular muchas variables implicadas, controlar otras, y, tras experimentación suficiente, llegar a evidencias científicas y a manuales de uso detalladamente explicados... Y las llamadas '*Máquinas de la Mente*', en cuyo estudio nos vamos a centrar, caen de lleno en esta requisitoria. Ahí es donde detectamos una problemática compleja y difícil, que hay que ir aclarando. En esta línea aclaratoria podemos adelantar algunas de las características más llamativas de esas '*Máquinas de la Mente*', tal como proclama la publicidad que acompaña su venta en revistas:

1ª. Que son de fácil consecución, baratas y fáciles de usar. Es cierto que ha habido un cierto tiempo, durante la prehistoria de estas máquinas, en la que los prototipos eran pocos y muy caros. Aparte de sus creadores, casi nadie podía adquirir esas nuevas máquinas, fuera de hospitales/clinicas y laboratorios bien dotados... Parecía como que los primeros diseñadores y fabricantes quisieran hacerse ricos en poco tiempo. Pero la tecnología punta y la competencia, les ha jugado a algunos una mala pasada. Algunos se han quedado anticuados, sin evolucionar. Hoy en día esas máquinas se parecen más a un juguete electrónico de los que usan los niños, que a un '*artefacto aparato médico o de laboratorio*'. Su manejo se parece mucho a un sencillo juego de ordenador. Algunos equipos siguen siendo muy caros y difíciles de conseguir.

2ª. Parecen sacados de la ciencia ficción/de las novelas/del cine/de la TV. Pero son reales, y se usan. Sus potencialidades para incidir en el funcionamiento cerebral se vislumbran como increíbles y asustan a muchos, por lo revolucionarios que los percibe ya mucha gente.

3ª. Su gran poder transformador en la sociedad Occidental. Las máquinas cerebrales van a producir un efecto en nuestra civilización comparable al producido por la aparición y desarrollo de los ordenadores personales. Se recuerda que los ordenadores personales no son sino como una primera y simple máquina cerebral diseñada a imagen de nuestro propio cerebro. Y su uso ha revolucionado al mundo.

4ª. Su gran eficacia en la reducción del estrés y en el incremento de las potencialidades de la mente.

5ª. El enorme escepticismo/fantasmas/temores/dudas que aún suscitan en muchos.

1.2. Área de Investigación

Este estudio resulta difícil de enmarcar dentro de las áreas de investigación ya muy establecidas. Lo más apropiado sea, tal vez, incluirlo dentro del *Área de las Neurociencias*. Ya por su mismo nombre, '*Máquinas de la Mente*', o aparatos '*Megabrain*', se nos presentan prefiguradas con tal cúmulo de potencialidades, que desbordan el área de la simple *Instrumentación y Medición*, o de la *Neurometría*. Además, tal como se anuncian, no son simples aparatos presentadores de estímulos. Afirman que esos estímulos son muy especiales, están elaborados, atacar/influyen en el cerebro, y aseguran, que el cerebro '*sigue*' la intencionalidad de esos estímulos y se '*coloca*' o se pone a trabajar en ciertos estados especiales de funcionamiento.

Y no es sólo la Psicología la ciencia que se ve implicada en esos temas. También la Medicina, la Biología, la Fisiología, la Química, la Física... tienen mucho que decir respecto a las '*Máquinas de la Mente*'. Por eso, lo más razonable es enmarcarlas en el *Área de las Neurociencias*. Esto convierte al estudio en muy difícil y complejo.

1.3. Importancia y Utilidad Científica

Lo último es fácil de comprender ya que nuestro cuerpo es un misterio, y adentrarnos en su funcionamiento, y especialmente en el *cerebro*, un misterio aún mayor. El cerebro es un mágico kilo y medio de gelatina gris rosácea que llevamos alojado en el interior del cráneo. El famoso fisiólogo inglés Sir Charles Sherrington lo describió como el gran nudo desenredado, mediante el cual sentimos, vemos, oímos, pensamos y decidimos. Este tejido maestro del cuerpo humano supone el reto mayor para las investigaciones biológicas.

Releyendo a los grandes investigadores uno se sobrecoge ante la humildad de la inmensa mayoría de ellos. Apenas encuentras posturas cerradas, dogmáticas, del hasta aquí y punto. Otra cosa son algunos de sus discípulos y seguidores. Entre estos últimos sí que podemos encontrar posturas a veces irreducibles e incluso hasta fanáticas. El tiempo de los frenólogos, se supone, que pasó ya. El ritmo actual de avance es rápido. Los neurobiólogos están trabajando con el presentimiento de que pueden llegar a comprender el cerebro y por el momento, lo están haciendo bien (Hubel, 1979).

En esta historia apasionante, y, en concreto, de la investigación sobre la Corteza Cerebral, se han ido descubriendo y analizando estructuras, naturaleza y funcionamiento, lentamente, a través de la historia de la ciencia.

Y hay que reconocer que en los últimos 30 años los científicos han descubierto más sobre el cerebro humano que todo lo aprendido a través de toda la historia del hombre.

En concreto, refiriéndonos solamente al cerebro, se sabe hoy.

- Que ese cerebro es muy diferente y sobre todo mucho más potente de lo que muchos de nosotros podríamos imaginar;
- que suministrándole la estimulación conveniente, el cerebro humano puede realizar proezas aparentemente milagrosas, con facilidad;
- que de ordinario, el cerebro humano, tiene potencialidades excepcionales y aún no explotadas;
- que esas potencialidades no son, en absoluto, características paranormales o inalcanzables, sino que más bien, para la mayoría de nosotros, están como dormidas, no desarrolladas;
- que estas potencialidades pueden activarse o encenderse con estimulación apropiada;
- y, finalmente, lo más importante, que podemos aprender a activar estas potencialidades, de la misma manera, y casi con la misma facilidad, con la que podemos aprender a montar en bicicleta o a tocar el piano...

En la actualidad parecen estar bien claras unas ciertas líneas o las direcciones más importantes de la investigación cerebral. Así tenemos, como líneas de investigación abiertas y muy actuales:

- la que busca las técnicas que hagan posible el utilizar nuestro cerebro de un modo más efectivo;
- la que espera encontrar la forma de controlar nuestras propias ondas cerebrales;

- la que suspira por dar con las claves que mejoren nuestra memoria,
- la peligrosa que desea hallar las pautas para configurar el cerebro de nuestros pequeños,
- la que, con dificultades inmensas, cree poder llegar a descubrir los componentes que agudizan o suprimen las diversas emociones...

1.4. Lugar que ocupa en la Historia del Problema

La investigación cerebral lleva funcionando cientos de años. Es un campo de investigación muy viejo. Se puede constatar que en la historia ha habido miles de intentos, pero todos tenían que desistir ante la necesidad del instrumental apropiado. Pero la dificultad no era ni es sólo instrumental. El hecho de poder usar el microscopio y la electricidad animó a muchos. Pero lo hicieron como a escondidas. Muchos científicos occidentales veían en el cerebro la sede del alma inmortal del hombre. En consecuencia, el estudio del cerebro era visto por muchos como una violación. Durante generaciones se abstuvieron de hacerlo. Pero siempre fue tema de especulación. "Desde la segunda guerra mundial, nuevas técnicas han aportado avances significativos y, en los últimos 20 años aproximadamente, la Neurobiología se ha convertido en una de las ramas más activas de toda la ciencia. El resultado ha sido una virtual explosión de descubrimientos y de hallazgos recientes" (Hubel, 1979, p. 8). Hoy en día, "la Neurobiología es una Ciencia basada en la exploración experimental del sistema nervioso. Sus metodologías incluyen el análisis de neuronas, de estructuras, de metabolitos, de mediadores químicos y de otros factores que pueden intervenir en las manifestaciones funcionales de las actividades cerebrales" (Delgado, 1989, p. 149). "El cerebro es un tejido complicado, de urdimbre intrincada, del cual no se encuentra parecido en otros tejidos. Pero, al fin, está compuesto por células muy especializadas que funcionan siguiendo leyes que rigen todas las demás células"... "Sus señales eléctricas y químicas pueden detectarse, registrarse e interpretarse y sus sustancias químicas identificarse, las conexiones que constituyen la urdimbre de filtro del cerebro pueden cartografiarse. En pocas palabras, el cerebro puede ser objeto de estudio, al igual que puede serlo el riñón" (Hubel, 1979, p. 9).

Todos nosotros, unos más que otros, hemos vivido momentos en que nos hemos sorprendido con actuaciones y comportamientos fuera y por encima de lo que sabemos muy bien no es lo normal para nosotros. La terminología empleada para definir esos momentos va desde lucidez, intuición, destreza, toma de conciencia, claridad, sabiduría, aclaración, gracia, felicidad, creatividad, aprendizaje, experiencia plena...

En esos momentos tuvimos la absoluta certeza de que nuestro normal funcionamiento era en realidad una pálida sombra de las potencialidades y capacidades reales.

Observando con detenimiento la historia encontramos que siempre se dio un sutil hilo conductor que ha impulsado a mucha gente a buscar técnicas que facilitaran el conseguir esos momentos de lucidez. Esos intentos buscadores de técnicas van desde el aporreo de tambores, la danza y el canto, hasta el ayuno, diferentes técnicas de respiración, hacer el pino, encerrarse en cuevas, inventar y mascullar frases mágicas, comer hierbas y plantas silvestres, mirar al fuego, idear extrañas prácticas sexuales, contemplar símbolos, crear rituales de colores...

No siempre se acertó con las técnicas eficaces. Pero hay algunas que enseguida se descubrieron que funcionaban, como fueron la respiración de cierta manera, el tam-tam de tambores con ritmo concreto, focalización de la atención de una manera especial. Esos progresos han ido pasando de generación en generación. Algunos sistemas se han desarrollado mucho más que otros. Podemos pensar en las tan efectivas prácticas meditativas, en boga en Oriente. Nadie puede negar que funcionan como técnicas para provocar estados alterados de conciencia. Un ejemplo de esto lo representan los monjes tibetanos. Pero eso exige más de 20 años de práctica. Ahora, gracias a los

avances en las Neurociencias y a los desarrollos de la microelectrónica, los científicos han realizado buenos mapas de la actividad eléctrica y química del cerebro en acción.

Se han tomado como objeto de estudio a esos seres extraordinarios, como son los grandes meditadores, los artistas, y esos individuos '*raros*' que son capaces de entrar, a voluntad, en estos estados especiales y han confeccionado mapas de su actividad cerebral durante esos estados máximos.

Se ha descubierto, para asombro de los más:

- que esos estados máximos no son fenómenos misteriosos ni impredecibles; responden, más bien, a patrones/modelos de conducta cerebral muy específicos: Cambios espectaculares en las frecuencias cerebrales, simetría cerebral, rápida alteración de los niveles de algunos neurotransmisores...;
- que podemos aprender a reproducir esos patrones de conducta cerebral, y con ello podremos producir los estados asociados con ellos;
- que ese entrenamiento no tiene que llevar años de dura práctica o poderes meditativos. Empleando un tipo de estimulación apropiado: Luces estroboscópicas fluctuando, combinaciones precisas de ondas sonoras oscilando, o movimientos físicos rítmicos, se pueden reproducir esos modelos/patrones de estados máximos, en cualquier tipo de personas, aunque no tengan experiencia en meditación

Resultado: Psicólogos Experimentales, Terapeutas, Ingenieros y otros Técnicos, empleando tecnología electrónica punta, han diseñado una atractiva variedad de instrumentos, las '*Máquinas de la Mente*', que, tal como asegura la propaganda, posibilitan que se disparen exactamente esos patrones cerebrales, y lo hagan de forma rápida y, al parecer, sin peligro, facilitando a mucha gente el acceso rápido a esos estados de actuaciones plenas del cerebro...

Las *consecuencias* más obvias son, ante el examen de los primeros resultados que van en una línea prometedora, que los primeros diseños de aparatos van procurando adaptarse al desarrollo teórico y tecnológico del momento presente. Surgen nuevas versiones más sofisticadas y efectivas de instrumentos y las técnicas evolucionan con vertiginosa rapidez. Lo mismo que ocurrió con el desarrollo de los PCs., también aquí se empieza ya a hablar de aparatos de segunda e incluso de 3ª generación, que es un instrumental más potente, más pequeño y mucho más barato...

Tan rápida es esta evolución que algunos científicos hablan de llamada '*Revolución en Evolución*', que está permitiendo a los humanos, por primera vez, aprender, por fin, de forma efectiva, a controlar los estados de sus propios cerebros, dándoles la posibilidad de elegir aquellos estados cerebrales más apropiados para la tarea que quieren o tienen que realizar. Y esto lo vamos a poder hacer, pronostican, a la manera como cambiamos un canal de TV, o sintonizamos nuestra emisora preferida de radio. Hay científicos que trabajan desde hace tiempo en la configuración de programas para situaciones típicas (James Mann, 1995). No tardando mucho se podrán emplear máquinas para producir estados de conciencia que son los más apropiados para ciertas situaciones: Para superar con éxito un examen, para escuchar música donde se combina agudeza auditiva con aumento de percepciones estéticas, con un toque de sinestesia, agudizando la habilidad para ver, gustar, oler, mientras se oye música... Habrá también programas para calmar la rabia incontenible que puede interferir con nuestros rendimientos en el trabajo, y relajarnos profundamente y volvernos más pacíficos. Habrá, en definitiva, soluciones para cualquier emergencia, incluso programas para activar el sistema inmune ante un simple catarro en cuanto sintamos que empieza a afectarnos. Y algo que parece de ciencia ficción: quien quiera prolongar su ciclo vital, tendrá posiblemente un programa de '*rejuvenecimiento*' que procurará reparar daños en el *DNA* y estimular la liberación de la hormona del crecimiento y de otros neurotransmisores implicados en el rejuvenecimiento (Hutchison, 1994).

En fin, que no tardando mucho, auguran, va a ser posible, para gran cantidad de gente, gracias a estas herramientas que funcionan de forma coherente, actuar a niveles de eficiencia, perspicacia, creatividad e inteligencia, por encima de lo normal, cosa que hasta ahora no estaba al alcance más que de algunos, muy pocos, superdotados. Estas máquinas mentales van a convertir en familiar lo que hasta ahora era algo muy, muy extraordinario (Murphy, 1992)

El camino hasta llegar al diseño de tales máquinas ha sido arduo y difícil. En un principio, se llevó a cabo el estudio de la célula y su funcionamiento mediante impulsos eléctricos. A partir de aquí se generan unas líneas de investigación tremendamente fructíferas que consagran el principio, para algunos inmutable, del funcionamiento eléctrico del cerebro. La investigación basada en ese principio es abundantísima y se puede afirmar que exhaustiva y definitiva. Las líneas más vivas son las orientadas a la práctica: curación, retroalimentación, estimulación cerebral. Como ya decía Delgado (1989, p.115), hoy se puede ya afirmar que "el cerebro tiene asombrosas posibilidades para reaccionar con una gran variedad de respuestas, pero es totalmente necesario que se realice una previa transducción para convertir las señales externas en códigos eléctricos y químicos"

El descubrimiento y estudio de las Proteínas, y el posterior de los *Neurotransmisores* recuerda a muchos que la electricidad no es sino una de las manifestaciones o uno de los lenguajes del cuerpo. Aparte, y apoyado y suponiéndoles, hay otra manifestación o lenguaje corporal que es eminentemente químico. Es la línea de investigación tal vez más apasionante y fructífera de todas. El descubrimiento de nuevos neurotransmisores es un filón inmenso que sigue produciendo enormes sorpresas. Queda establecida la liberación de Neurotransmisores con la existencia de los canales de Sodio y Potasio y el consumo de Oxígeno. Y también con este tema surgen alborozados muchos dogmáticos que ven en la Química el no va más del ser corporal. Pero es de nuevo la Física la que apoyada en los últimos hallazgos comienza a hablar de las teorías electromagnéticas y vibracionales. Y como lo hizo anteriormente, suministrando instrumental como el microscopio óptico y luego el electrónico, o los micro-electrodos, hoy lo hace avanzando con el instrumental electromagnético.

El mundo corporal se nos vuelve un enigma cada vez mayor. Porque, según los Físicos, aparte de esos lenguajes, eléctrico y químico, puede que se dé, y lo afirman con mucha convicción, un lenguaje electromagnético y otro vibracional, cuya naturaleza y significado queda por aclarar aún.

En la actualidad se están acercando al punto en que creen vislumbrar cómo cambiar no sólo nuestros estados de ánimo, sino también nuestras actitudes y, en cierta medida, nuestra conducta.

Hoy, como ya decía antes, existen las *'Máquinas de la Mente'*, que, según asegura la propaganda, hacen posible todos esos sueños que han entusiasmado desde siempre al hombre, ser dotado de inteligencia, memoria...

En todo el mundo, y no es exagerar, se está experimentando con estas nuevas máquinas, cada día más sofisticadas, más complejas, pero también más fáciles de manejar y adquirir. Más que aparatos sofisticados parecen unos sencillos juguetes electrónicos de niños. Y curiosamente, algunos de esos aparatos se venden en tiendas de juguetes, o en comercios dedicados a la comercialización de productos naturistas, o esotéricos... Pero el que se vendan en estos lugares tiene explicaciones muy sencillas.

Los primeros resultados, escasos y aún poco fiables, parecen ir en la línea de que dichas máquinas poseen capacidad para mejorar el funcionamiento mental, duplicar el poder cerebral, y producir estados cerebrales de funcionamiento a plena potencia. Muchos son baratos, fáciles de manejar, de adquirir, incluso, por correo. Algunos hasta son divertidos. Hoy se habla de *Tecnología Cerebral*, hecho que la Psicología, no puede ignorar y dejar pasar por su lado sin asumirla y tratar de dominarla y ponerla a su servicio. Muchos científicos serios se han comprometido con esta línea pionera en investigación sobre los efectos de los diversos sistemas de tecnología cerebral. Y a juzgar por los primeros efectos hay quien los califica, no

sólo de resultados sin precedentes, sino como revolucionarios (Othmer, 1991). Las investigaciones están en sus comienzos. Van apareciendo ya los primeros resultados y en verdad, asustan. Las nuevas tecnologías abren un camino que antes estuvo totalmente vedado.

Hoy se sabe que hay cada vez más personas que intentan modificar sus funciones mentales a través de drogas, de meditación, de entrenamiento alfa y otros medios, cantados y proclamados por innumerables charlatanes de todos los tiempos y de todas las latitudes.

A pesar de esta loca carrera, los más sensatos, o tal vez, muchos desengañados, tras décadas de dedicación al tema, consideran que gran parte de ese empeño es azaroso o absurdo, y hasta manifiestan, aterrados, que es absolutamente perjudicial.

Y es clara una cosa. Cuando creían saberlo todo, descubren que no tienen sino nociones muy vagas acerca de cómo tales invasiones y esfuerzos afectan realmente al cerebro. "Las alteraciones en la oxigenación celular, en los niveles de aminoácidos en los tejidos, de neurotransmisores, de glucosa, de iones de sodio, de potasio y calcio y otros muchos factores, pueden producir grandes cambios en las funciones mentales, así como en la percepción del mundo exterior y en las sensaciones de placer y felicidad" (Delgado, 1989, p. 116).

Un simple análisis del tema descubre enseguida que el estudio del cerebro ha provocado muchos problemas. Y no es el menor el del vocabulario. Queda dicho que son muchas las disciplinas que lo estudian. En consecuencia cada investigador aporta su terminología. Sólo esto ha provocado problemas serios de comunicación y también agrias polémicas.

Esto es fácil de comprender ya que unos estudian la conducta, otros, partículas a través del microscopio. Aquel ve emociones o colores brillantes donde otros no ven más que células. Unos se han pasado la vida experimentando con fétidas ratas o monos chillones. Otros tratan de poner en trance a las personas, incluso agonizantes. Las percepciones y las sensaciones están ligadas a la normalidad cerebral, siendo conveniente estudiar, por un lado, los portadores materiales inespecíficos de los mensajes, y, por otro lado, los mensajes específicos que tiene características transmateriales, ya que pueden circular a través de diversos portadores, conservando su significado (Delgado, 1989).

Se intenta, con todo ello, comprender mejor las bases psicofísicas de las funciones mentales. Por eso, hay quienes estudian las actividades Metabólicas básicas. "La inteligencia, las emociones y la felicidad tienen dependencia esencial de la existencia de cerebros vivos y activos. Sin cerebro y sin neuronas, el placer, el sufrimiento y la identidad personal no pueden existir. Otros se dedican al esclarecimiento de la forma de funcionar de los portadores materiales de la información que circula por el cerebro que incluye estructuras anatómicas de axones, somas y dendritas, así como diversas sustancias químicas tales como la acetilcolina, la adrenalina, la serotonina, las catecolaminas, los péptidos opiáceos, los iones y otra multitud de productos. También existen complejos procesos de polarización y despolarización de membranas, así como cambios sinápticos" (Delgado, 1989, p. 117).

Surge toda una nueva terminología. Se habla de poderes mentales, de coherencia cerebral, de estados de conciencia, de cambios de vida...

Los más sensatos califican el campo y sus primeros resultados, sobre todo por sus implicaciones, de increíbles. Es algo tan nuevo, realmente tan increíble, que para quienes investigan en áreas concretas y en aplicaciones específicas les resulta asombroso y no son capaces de vaticinar dónde puede situarse la frontera.

Hasta ahora, los estudios desarrollados por psiquiatras, psicólogos, educadores, terapeutas, físicos, entrenadores deportivos, consejeros y otros investigadores y clínicos han ido revelando que estas máquinas de la mente pueden: Ejercitar el cerebro para hacerlo más saludable y más potente; elevar el CI; aumentar la creatividad; acelerar el aprendizaje; incrementar la memoria; incrementar también el placer sexual; producir estados de actuación máxima; eliminar los problemas de

adiciones; superar la depresión y la ansiedad, aliviar el dolor, potenciar la función inmunológica, cambiar o eliminar hábitos y actitudes no deseados (Budzynski, 1992; Hutchison, 1994)

Millones de individuos, por todo el mundo están usando ya estos instrumentos estimuladores del cerebro, intentando reducir el estrés y/o expandir sus propios poderes mentales. Y van descubriendo que, al hacer estos usos, se están encontrando con que estos nuevos instrumentos de alta tecnología pueden aumentar sus sentidos y hacerles más listos, más creativos, más relajados, más felices (Hutchison, 1994, p.6)

Y no queda ahí el tema. Hemos hablado de lenguajes corporales y hemos enfatizado los más manifiestos como el lenguaje eléctrico, el químico, el electromagnético y el vibracional. Pues relacionado con estos últimos se empieza a considerar la posibilidad de otro lenguaje corporal, el bio-energético. Ya los chinos, en sus ancestrales conocimientos, hablan de energía, líneas (meridianos) de energía, déficits energéticos y terapias de regulación bio-energética. Me refiero a la acupuntura y, de forma especial, a su versión occidental, a la electro-acupuntura.

Resumiendo este esbozo de introducción, podemos citar las áreas más interesantes de estudio:

1°. *Equipo de Berkeley*: con Krech, Rosensweig, Bennet y Diamond. Estudian el cerebro como un todo y descubren que el cerebro puede o sufre modificaciones con la experiencia. Los sujetos son ratas, cuyos cerebros se volvían más pesados, más gruesos y más ricos, ante entornos enriquecidos.

2°. *Instituto Tecnológico de California*: Con Roger Sperry como pionero, donde estudian los hemisferios cerebrales, el derecho y el izquierdo. Descubren hechos asombrosos: como que esos hemisferios no funcionan de igual manera en la mayoría de las personas, que cada hemisferio está especializado en ciertas habilidades. También descubren el fenómeno de la predominancia cerebral.

3°. *Los Estados de Conciencia*: Diversos equipos, que valiéndose de los ordenadores estudian las *ondas cerebrales* y los cambios que se producen en nuestros estados de conciencia a través o como consecuencia de la calma Zen, la actividad furiosa de los sueños, la provocación de nuevos ritmos cerebrales desde fuentes externas (luces, sonidos, electricidad), o internas (neurotransmisores).

4°. *El Misterio de cómo Aprendemos, cómo Recordamos*: Es un grupo numeroso. Estudian las diversas maneras en que se deteriora la memoria y las claves del aprendizaje: Estímulos externos y sustancias químicas que intervienen en el proceso de aprendizaje, cómo grabamos o borramos lo aprendido. Hasta llegar a lo que se llama el significado transmaterial que no está en la realidad. "Mediante el aprendizaje se va almacenando en la memoria una historia personal de experiencias y habilidades que constituyen el fundamento de la identidad personal y la base del sistema decodificador de la información sensorial que continuamente se recibe" (Delgado, 1989, p.122).

5°. *La Esotérica de los Campos y Líneas Energéticas*: Ésta es algo que ha irrumpido con fuerza. Ha entrado, por decirlo así, por la puerta de atrás, pero está afianzándose.

Así quedan enunciadas todas las líneas de investigación.

1.5. *Objetivos de la Investigación*

Interesa *contextualizar*, y poner a prueba, lo más amplia y pormenorizadamente posible la serie de '*Máquinas de Luz y Sonido*' y, de forma indirecta, otras semejantes y parecidas, que tienen en común incidir, con sus luces, sonidos, impulsos, etc., en el funcionamiento del cerebro. Este interés surge, porque, se calcula, que son ya millones de individuos en todo el mundo los que están usando esos utensilios estimuladores del cerebro para reducir su estrés, aumentar sus propios poderes mentales...

No es fácil esta contextualización, por falta de datos. La información es poca y muy parcializada y ambigua. Pero lo que tenemos ante nosotros se puede considerar como una nueva disciplina. Ha favorecido su desarrollo la explosión tecnológica. Por otra parte ya existían algunas investigaciones y testimonios de aplicaciones dispersas sobre luces/sonidos, estimulación/no estimulación, fenómenos Zen, fenómenos meditativos, respuestas de relajación, ondas cerebrales... En cierto modo, el resultado estaba casi cantado. Se preveía que, en un momento determinado, alguien, en un raptó de creatividad y con ingenio, intentaría unificar resultados y ofrecer un producto integrador de todos esos logros dispersos, que apuntaban y tenían como base el funcionamiento del cerebro.

Por caminos diversos todos han incidido en el cerebro. Unos simplemente tratan de desentrañar el fenómeno de las variedades y peculiaridades del estado alfa y los estados alterados de conciencia, con todas las consecuencias inmediatas que conllevan en relación con la presión sanguínea, frecuencia cardíaca, sistema inmunológico, niveles de adrenalina y otras sustancias relacionadas. Otros pretenden ir mucho más lejos y buscan hacer funcionar el cerebro de forma mucho más efectiva que anteriormente, descubrir la forma de aumentar la capacidad de la memoria, hacer subir el CI, mejorar la inteligencia, la creatividad, las habilidades para solucionar problemas, asimilar nueva y mucha más información...

Hay otras líneas de investigación abiertas, pero las enunciadas anteriormente, bajo el punto de vista de la investigación planteada, son las principales, las más interesantes. Y aunque dispares y alejadas unas de otras, se atisba actualmente, en congresos y publicaciones, que los más sabios saben unos de otros y parecen confluír en sus resultados y en su terminología. Esto alumbra la esperanza de que entre todos encontrarán el '*Esperanto*' corporal, que sin dogmatismos ni exclusivismos, explique y dé sentido a todas las manifestaciones o lenguajes que se van descubriendo en el cuerpo humano. Ese vislumbre es apenas una lucecita que ilumina algunos deseos, meros apuntes... Pero no faltará quien coja el testigo y dé un paso adelante, integre conocimientos y abra nuevos caminos. "El conocimiento de los sistemas portadores, codificadores, descodificadores y funcionales, es esencial para comprender los sistemas de acción, para diseñar mejores aparatos, y para reparar los existentes en caso de averías" (Delgado, 1989, p.120).

2. PERSPECTIVA TEÓRICO-INVESTIGATIVA: DESCIFRANDO LOS LENGUAJES DEL CUERPO

2.1. VOLVERSE MÁS INTELIGENTE

2.1.1. INTRODUCCIÓN: ALGUNOS ANTECEDENTES

2.1.1.1. PLANO DE LAS IDEAS

Tal vez sea interesante iniciar el tema recordando a nuestro Ramón y Cajal, autor venerado y muy leído aún hoy en día por muchos, pero muy en especial a finales del siglo anterior y principios del presente. Los grandes hombres, lanzan siempre, aunque sin darles mayor importancia, '*ideas*' que alguien termina por recoger y llevarlas al laboratorio. Nos recuerda Delgado (1989), gran conocedor de la persona y la obra de Ramón y Cajal, que: "Hay una idea de Cajal que no ha sido suficientemente valorada a pesar de su enorme importancia: la histogenia enseña que durante la época embrionaria, y en los primeros años de vida extrauterina, tanto las expansiones protoplasmáticas como las colaterales nerviosas se ramifican, extienden y complican. Es muy verosímil que el trabajo mental impulse el crecimiento de las expansiones protoplasmáticas y colaterales nerviosas, ampliando el sistema de asociaciones celulares" (p.159).

También alude Delgado (1989), complementando la idea de Ramón y Cajal, a otro sustrato científico que estaba en el ambiente de principios de siglo y que puede considerarse como antecedente de las peripecias experimentales que vamos a relatar después. "A principio del siglo XX hubo un gran interés en estudiar la posible relación entre el tamaño cerebral y el grado de inteligencia. En esa época se estudiaron 115 cerebros de las personalidades mundiales más relevantes, pero los resultados indicaron que, al contrario de lo esperado, no había relación alguna entre el genio y el tamaño cerebral. El peso medio del cerebro humano es de 1.400 gr. El genio ruso Iván Turgenev batió un récord con la cifra de más de 2.000 grs, uno de los hombres más notables de la ciencia francesa, el barón George Curvier, tenía 1.800 grs, mientras que el cerebro de Walt Whitman pesaba 1.282 grs y el de Anatole France, muerto en 1924, sólo pesaba 1.017 grs" (Delgado, 1989, p.159).

Delgado cree tanto en la verosimilitud del aserto de Ramón y Cajal, que, incluso, siguiendo a Cajal, como él gusta llamarle, aventura que: "Estas ideas de que merced al trabajo mental puede modificarse el sistema de conexiones intercorticales sería el fundamento de la variedad de temperamentos intelectuales y de la normalidad y anormalidad de pensamientos. Durante la época juvenil, y bajo la influencia combinada de maestros, padres, libros y demás agentes del ambiente moral, se establecen en el cerebro estilos y modos de asociación celular diversos para cada niño y de los cuales dependerán, andando el tiempo, el carácter y la personalidad intelectual del adulto" (Delgado, 1989, p. 160).

Además de las ideas expuestas y en contraste con ellas y otras muchas, subsistían ciertos '*dogmas*' en torno al crecimiento y funcionamiento del cerebro que muchos veneraban y otros no se atrevían o no sabían cómo poner a prueba. Hasta los años que vamos a reseñar, y contemplados desde la perspectiva actual, existían unos *prejuicios científicos* que se podrían concretar así: La *Anatomía* y la *Fisiología* del cerebro no se pueden cambiar simplemente mediante la experiencia o la estimulación sensorial.

Este *prejuicio*, es parte de lo que podemos llamar *Teoría Tradicional*. Esta teoría, se sustenta en unas *verdades científicas incuestionables*, verdades que giran en torno a:

- *La relación entre dimensión del cerebro e inteligencia*: Dicha teoría sostiene que no existe relación. La prueba más evidente en la que se apoyan son los resultados de las comparaciones realizadas con los pesos de cerebros tras las autopsias. Descubrieron que hay diversidad enorme y, a veces, los cerebros de "idiotas" pesaban más y eran mayores que los cerebros de grandes sabios.

- *Tamaño del cerebro*: No se puede cambiar. En consecuencia, se admitía, como incuestionable, que:
 - La inteligencia viene determinada genéticamente;
 - las experiencias de la vida, por ricas y desafiantes que sean, no pueden cambiar o modificar la estructura del cerebro;
 - la anatomía y la química cerebral, permanecen inmutables. A veces, las experiencias pueden moldear los caracteres, pero no mucho.
- *Número total de neuronas*: El proceso concluye en torno a los 2 años, verdad que se concreta en que ese número:
 - Está determinado desde la infancia. No puede aumentar; y
 - no pueden reproducirse. Sí que lo hacen otras células del cuerpo, pero no las neuronas.

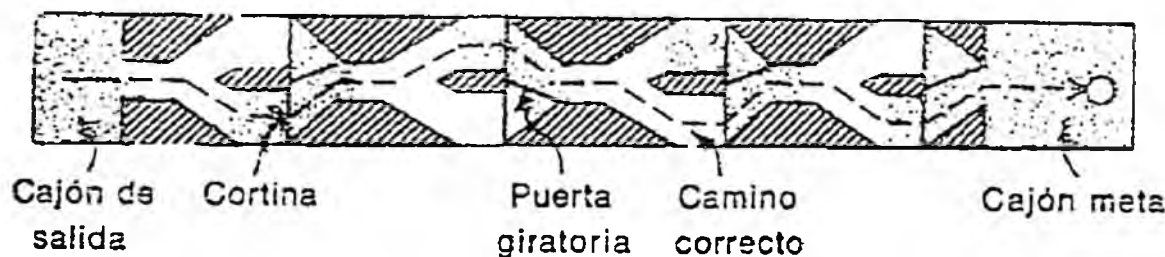
Pero los investigadores, de los cuales vamos a hablar, se atrevieron a poner dichos dogmas en entredicho. Retoman ciertas ideas previas de que la *Estimulación Sensorial Externa* o mediante entornos enriquecidos provocan cambios que ponen en duda esas creencias. Como fruto de este nuevo empeño, se elabora una nueva *teoría*, donde se recoge, en forma realmente innovadora, que puede conseguirse un aumento significativo del peso y volumen del cerebro, como fruto de la estimulación sensorial externa, un aumento del tamaño de las neuronas y un aumento en el número de determinadas células cerebrales.

Y como veremos, lo último en este campo es la modificación de las células mediante Estimulación eléctrica y electromagnética.

2.1.1.2. PLANO INSTRUMENTAL

Ya desde 1932, (Krech, 1932), se habían venido manejando, para medir la '*conducta adaptativa*', laberintos casi '*imposibles*' de resolver. El animal se enfrenta en estos laberintos a una galería iluminada y a otra oscura. La galería iluminada es la elección correcta la mitad de las veces, y la galería oscura la otra mitad. Siguiendo la misma idea, la galería que estaba a la derecha era correcta la mitad de las veces, y la izquierda la otra mitad. En este tipo de laberinto '*imposible*', las ratas tienden típicamente a adoptar ya sea una '*hipótesis visual*', es decir, dirigirse siempre al lugar iluminado o siempre al oscuro, o una '*hipótesis espacial*', es decir, siempre a la izquierda o siempre a la derecha.

Figura 2.1.1: Plano del piso del laberinto 'imposible' utilizado en estudios que relacionan la ACh cerebral y la conducta de adaptación (Krech, 1932).



Aunque aparentemente sin mayor importancia, conviene citar también, como antecedente que ayuda en la demostración de la idea que da título a este capítulo, una decisión

del Departamento de Psicología de Berkeley. En los años 20, y dirigido por el profesor Robert Tryon, se diseñó la crianza de ratas de laboratorio. Durante generaciones se van criando diversas cepas de ratas. El criterio de selección había sido el comportamiento en laberinto. Así tenían clasificadas cepas de ratas '*torpes*' e '*inteligentes*' en laberinto. Tryon hacía demostraciones a sus alumnos, y Krech era uno de ellos, de la manera diferente en que se comportaban las ratas de las diferentes cepas. Tras generaciones de crianza, las ratas de cepas '*torpes*', entraban en el laberinto, llegaban a una meta equivocada, y se desorientaban. Día tras día cometían los mismos errores, sin aprender nunca el camino. Las ratas de cepas '*inteligentes*' necesitaban sólo unos pocos intentos para recorrerlo correctamente. La creencia, que se dilucidaba con estas demostraciones, era la importancia del medio en contraposición al dogma de que era la herencia la que fijaba la inteligencia. Gracias a Freud se admitía que el carácter de un humano está marcado por las experiencias que haya tenido antes de los cinco años. Pero no había ninguna prueba experimental de que las experiencias tempranas pudieran alterar, tanto la química como la anatomía de sus cerebros.

A pesar de que el proceso de selección se había suspendido hacia casi 40 años, en los años en que da comienzo la nueva experiencia, todavía quedaban descendientes de las dos cepas de ratas. El Departamento de Psicología de Berkeley las conservaba aún como un tesoro. En cierta manera, estaban ahí, como invitación a nuevos experimentos. Y para estos nuevos experimentos necesitaban, al menos, dos grupos de animales iguales. Y además otros animales sin mayores experiencias previas.

2.1.1.3. PLANO METODOLÓGICO

Por los años 50, la metodología de estudio del cerebro perseguía unos objetivos muy concretos: Estudio de las funciones cerebrales. Ya para los años cincuenta, los científicos, muchas veces a través de métodos de tanteo, habían realizado asombrosos progresos prácticos en lo que se refiere al control de diversas funciones cerebrales. La tendencia y práctica más habitual en casi todos los laboratorios era cortar partes del cerebro y estudiar qué capacidades se perdían como resultado de ello. Pero estos métodos y objetivos no convencían a todos, especialmente a algunos psicólogos, deseosos de estudiar el funcionamiento normal del cerebro.

2.1.1.4. PLANO BIOQUÍMICO Y ANATÓMICO

Se sabía ya que la Acetilcolina (*ACh*) era el transmisor con cuya liberación ciertas neuronas en ganglios vegetativos, en la médula espinal y en algunos centros cerebrales, estimulan a otras. La *ACh* actúa durante breves instantes. Luego se hidroliza. Esta reacción de descomposición química es acelerada por la enzima acetilcolinesterasa (*AChE*). Esta enzima está presente en las sinapsis colinérgicas. El repetitivo '*uso*' de las sinapsis durante el aprendizaje puede aumentar la eficiencia de las sinapsis, dando lugar a la liberación de más *ACh*. La diferencia entre los sujetos que aprenden rápidamente y los que aprenden con lentitud puede ser debida a una diferencia bioquímica en cuanto a la proporción *ACh*/*AChE*, más que a diferencias anatómicas en sus cerebros. Una cifra elevada de *ACh* o una cifra baja de *AChE* puede hacer más excitables a las sinapsis. El contenido cortical de *AChE* se media en pequeños bloques de tejido tomado de las áreas somatosensoriales, visuales o de otras áreas, después de que se congelaban los cerebros.

2.1.1.5. PLANO HUMANO: EL EQUIPO HUMANO, UNA CASUALIDAD

Los componentes del equipo que logra poner a prueba la posibilidad del cambio cerebral como fruto de experiencias tempranas formaron un grupo realmente multidisciplinar. Lo fueron integrando bioquímicos, biopsicólogos, neurobiólogos, neuroanatomistas, cirujanos... El promotor de esta nueva experiencia, orientada a demostrar los cambios químico/anatómicos del cerebro fue David Krech, psicólogo de la Universidad de California, en Berkeley. Parece que maduró su idea, durante una estancia en Noruega. Estaba pasando un año en la Universidad de Oslo. Con motivo de un Congreso contactó con otro profesor de Berkeley, Melvin Calvin, químico, quien años más tarde recibió el premio Nobel. Apenas se conocían. Pero fuera de California trabaron amistad y se comunicaron experiencias, ideas, inquietudes, deseos, posibles proyectos... A Krech no le gustaban los métodos que venían empleándose para estudiar el cerebro. En vez de cortar partes del cerebro para averiguar qué capacidades se perdían como resultado de ello, ¿por qué no estudiar el cerebro en su funcionamiento normal? Y lanzó la idea al químico Calvin: ¿Por qué no empezar por investigar cómo cambiaba la química del cerebro durante diferentes tipos de actividad mental? Esto parece que halagó a Calvin y decidieron ponerlo en práctica cuando ambos estuvieran de vuelta en Berkeley. Dos años después, 1952, y ya en Berkeley, Calvin le presenta a Krech, a un bioquímico y colaborador suyo, llamado Edward L. Bennet. En la misma Universidad, otro biopsicólogo, Mark R. Rosenzweig, interesado por entonces por la transmisión de los impulsos nerviosos, contacta con el grupo. Krech se traía ya entre manos el estudio de la relación existente entre actividad mental, a nivel de memoria e inteligencia, y cantidad de determinadas enzimas en el cerebro de las ratas. Y planifican los primeros estudios. Conforme progresan en sus investigaciones se van uniendo otros colaboradores. El más significativo fue la neuroanatomista Marian C. Diamond, a quien recurren para analizar los posibles cambios anatómicos en el cerebro. Más tarde Krech se desliga del grupo y se dedica a otros campos de investigación.

2.1.2. EL CRECIMIENTO CEREBRAL

2.1.2.1 ESTUDIOS INICIALES. Primeras Hipótesis: Química Cerebral y Aprendizaje (Años 50)

Química Cerebral y Aprendizaje

El objetivo principal de estos primeros estudios era descubrir si existía relación entre *Química Cerebral*, medida a niveles de *acetilcolinesterasa (AChE)*, y *Aprendizaje*.

La lógica seguida y propuesta por Krech era que si la actividad mental debe llevar consigo un flujo de impulsos eléctricos de una neurona a otra, para los químicos era sabido que esto requiere un transmisor químico, como la *ACh*, y una enzima que lo descomponga tras haber realizado su misión, como por ejemplo, la *AChE*. Y cuanto mayor fuera la actividad mental desarrollada más suministro de ambas sustancias químicas se necesitarían. El neurotransmisor se consumiría pero la enzima persistiría. Se trataba de comprobar si la actividad mental iba acompañada de un incremento de enzimas en el cerebro.

En 1952, Krech, psicólogo, Bennet, bioquímico, y Rosenzweig, biopsicólogo, se ponen a estudiar la relación existente entre la actividad mental, especialmente memoria y aprendizaje,

con la cantidad de determinadas enzimas en el cerebro de las ratas. Algunas ratas resultaban más hábiles que otras en laberintos. Constatado esto, se proponen descubrir qué relación se daba entre diferencias espontáneas en composición química del cerebro y diferencias en capacidad de aprender. Era un primer paso, base de los que dieron después. "Nuestros estudios iniciales, dice Rosenzweig (1984), versaban sobre animales situados en entornos distintos desde el destete..., porque suponíamos que el cerebro sería más moldeable en los bebés que en ratas mayores". Y teniendo en cuenta los supuestos biofisiológicos, bioquímicos y biopsicológicos conocidos entonces formulan una primera hipótesis:

"Las preferencias visuales o espaciales de las ratas, en sus esfuerzos para resolver problemas visuoespaciales, están en función de la relativamente mayor actividad de la AChE en el área somatosensorial o visual, respectivamente, de la corteza cerebral" (Krech, Rosenzweig, and Bennet, 1960).

Trabajaron con las ratas que les ofrecía el Departamento de Psicología de Berkeley. Las pusieron a trabajar en el laberinto 'imposible', *Figura 2.1.1.* (Krech, 1932). Algunos grupos de ratas resultaban ser más hábiles que otras en tareas simples de laberintos. Habían elegido específicamente ratas criadas durante generaciones y clasificadas como camadas de 'ratas hábiles' y camadas de 'ratas mediocres'. Les hicieron realizar diversas tareas simples de laberintos. Observaron que las ratas más hábiles recorrían los laberintos de forma distinta. Esta observación les suscita la cuestión de si tienen también distinta química cerebral. Análisis de cerebros de ratas de distintas camadas les indican que poseían distintos niveles de AChE. Las ratas con AChE más alto, y que coincidían con las más hábiles, aprendían más deprisa. Pero esta 1ª hipótesis no se les confirmó. Las ratas que mostraron una sólida 'hipótesis' cerebral arrojaron significativamente mayor cantidad de AChE en la corteza somatosensorial, y también en la corteza motora y, de hecho, en todas las áreas corticales, dato que no esperaban encontrar.

Rosenzweig, Krech y Bennet (1960), reformulan una 2ª hipótesis en términos más generales:

Los niveles totales de actividad de la AChE cortical se relacionan en forma positiva con la eficiencia de la transmisión sináptica y, por tanto, estarán correlacionados también positivamente con la capacidad para resolver problemas.

Partieron, para esta formulación, de cuatro afirmaciones: 1ª) Los niveles de AChE reflejan con exactitud los niveles de ACh; 2ª) Los niveles supuestos de la ACh reflejan la concentración de dicha sustancia en la sinapsis; 3ª) Se supone que la ACh es el transmisor sináptico más importante y también es la sustancia transmisora en la sinapsis excitadora; 4ª) Las concentraciones de este supuesto transmisor-excitador están correlacionadas de forma positiva con la capacidad de resolver problemas.

Realizaron algunas pruebas experimentales. Esta vez emplearon a las ratas en diversas tareas de aprendizaje, todas ellas de tipo laberintos. Tras los análisis se encontraron que los resultados parecían de nuevo oponerse a la afirmación hipotética. Encontraron una tendencia de correlación positiva, muy baja, pero significativa, entre el número de errores de laberinto y las concentraciones de AChE. Si la 2ª proposición fuera correcta, la correlación debería haber sido muy importante y de tipo negativo: animales con mayor cantidad de AChE, medida indirecta de la ACh, deberían haber realizado menos errores en el aprendizaje de un laberinto.

Buscan las posibles causas del fracaso. Encuentran luz en una colaboración de Tower (1958), publicada en un libro. Según Tower, los resultados negativos tenían explicación, proposición por proposición. La primera proposición, se les aclara, puede que en 1958 se considere ya un error: En el SNC se da mayor concentración de AChE, de la que exige la inactivación de la ACh. Por estas fechas se hacía ya una doble distinción entre AChE 'verdadera', asociada a las células nerviosas y la pseudo-AChE, presente en sangre, tejidos

corporales y sobre todo en las células glías. El grupo de Berkeley reconoce que no habían tenido en cuenta esta distinción, con lo cual no se podía sostener que midieran '*con exactitud*' la cantidad de *ACHÉ* asociada a las células nerviosas y, por tanto, sus medidas no reflejaban la cantidad supuesta de *ACH*. En cuanto a la 3ª proposición, encuentran anunciado que es poco probable que la *ACH* sea ni la única ni la más importante substancia transmisora en numerosas sinapsis centrales excitadoras. Ya se conocían las acciones sinápticas inhibitorias y éstas parecían tan importantes como las excitadoras. Finalmente, deducen del estudio de Tower, que eso de correlacionar la capacidad de resolver problemas con la cantidad de un transmisor hipotético excitador resultaba ya muy problemático. Con lo que ya se sabía por esos años, un factor neural que podría correlacionar con las diversas conductas, podría ser precisamente el incremento en la complejidad de la organización anatómica y fisiológica del *SNC*.

Pero no todo fue negativo en los resultados de esta primera serie. Es cierto que a nivel de hipótesis, los resultados no despejaron muchas dudas. Pero estos estudios, complementados con otros, descubren realidades que provocan asombro y que se difunden rápidamente. Enumerando se puede decir que:

- a) el factor genético tenía mucha importancia;
- b) las ratas descendientes de la cepa llamada *Tryon Maze Bright* (las llamadas '*hábiles*' en aprendizaje de laberintos) tenían una cantidad significativamente mayor de *ACHÉ* que las ratas de cepas '*torpes*';
- c) el nivel de *ACHÉ* está relacionado positivamente con la capacidad de aprendizaje, pero sólo en algunas cepas de animales; y, curiosamente, en otras, esa relación era negativa;
- d) no queda aclarada la relación entre *ACHÉ* cortical y subcortical; la *ACHÉ* en la zona subcortical está en relación con el peso total del encéfalo, pero no así la *ACHÉ* cortical;
- e) la relación entre la concentración cortical y subcortical de la *ACHÉ* parece, en determinadas circunstancias, importante para la conducta.

Como resultado de todas las pruebas de esta primera serie, llegan a la conclusión de que no existe una relación necesaria entre niveles de *ACH* y de *ACHÉ*. En cuanto a la relación entre actividad cerebral y aprendizaje, concluyen en plan descriptivo:

La capacidad de aprendizaje está en relación tanto con los niveles de ACh como con los de AChE, dentro de ciertos límites, de modo que cuanto mayor sea la cantidad de ACh funcionando en las sinapsis, mayor será la eficiencia de transmisión, y por tanto, la capacidad de aprendizaje.

2.1.2.2. ESTUDIOS EXPERIMENTALES CON ANIMALES, AÑOS 60

2.1.2.2.1. Primera Serie: Experiencias Tempranas y Química Cerebral. Los 'Entornos'

Experiencias Tempranas y Química Cerebral

Con las explicaciones finales de los resultados de los estudios iniciales dejan establecido que las diferencias hereditarias en cuanto a la bioquímica cerebral pueden afectar a la capacidad de aprendizaje.

El paso siguiente en la labor del grupo de Berkeley fue comprobar si los efectos de la experiencia individual, a partir del medio ambiente, afectaban o no, y en qué forma, a la

bioquímica cerebral (Krech, Rosenzweig, and Bennet, 1962). Se sabía que la riqueza de estímulos sensoriales tempranos beneficiaba el aprendizaje subsiguiente. Los investigadores intentaban descubrir ahora el posible vínculo químico entre el medio ambiente inicial y los efectos posteriores.

Los 'Entornos'

Para comprobarlo, necesitaban, al menos, dos grupos iguales de animales vivos y que hubiesen tenido poca experiencia previa. La Universidad les brinda de nuevo sus colonias de ratas. El equipo diseña entonces lo que muchos llamaron la primera *'guardería'* de ratas (*Figura 2.1.2*). Eligen ratas genéticamente idénticas, de la misma camada. Les quedaba por manipular el ambiente. Idean para ello *'tres tipos de entornos'*:

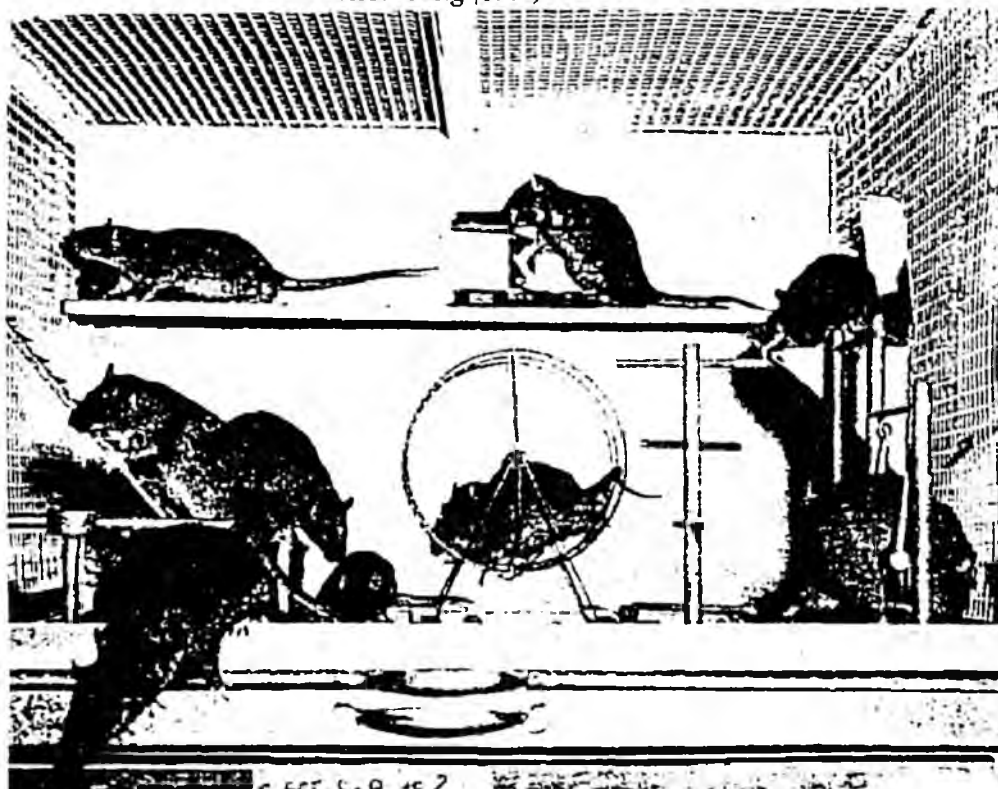
1. **ENTORNO NORMAL:** Las ratas de este grupo fueron colocadas en una jaula standard de laboratorio, que son pequeñas jaulas de tela metálica, con rejilla en un solo nivel, iluminadas normalmente y sin nada dentro. En cada jaula colocaban *tres ratas*.
2. **ENTORNO EMPOBRECIDO:** Las jaulas se diseñaron con tres tabiques opacos, para aislar y evitar los ruidos. Las ratas se situaban *aisladas*. La jaula permanecía, además, con poca iluminación. Los estímulos que se les suministraban eran mínimos. Al permanecer aisladas no se producía ningún tipo de interacción con otras ratas.
3. **ENTORNO ENRIQUECIDO:** El grupo se componía de *12 ratas*. Interaccionaban en una jaula enorme, con niveles múltiples, buena iluminación, llena de columpios, toboganes, escaleras, ruedas giratorias, botes, puentes y otro tipo de juguetes variados, junto con estímulos cambiantes. En esta jaula las ratas podían encontrar toda clase de desafíos.

Diseñados los entornos, les queda seleccionar los sujetos. Eligen ratas de crianza controlada en laboratorio, genéticamente idénticas (misma camada). Las van a manipular desde el destete, desde los 25 días de edad de las ratas. La potencialidad calculada de vida de las ratas es de 1.000 días. La de la vida, en humanos, de 100 años. Generalizan a las ratas la *Teoría* que ya había lanzado el psicólogo Benjamin Bloom (Bloom, 1956; Krathwohl, Bloom, and Bretram, 1964), sobre el momento más propicio *'para operar un cambio profundo en la inteligencia del niño'* y que es *'mientras esa inteligencia esté creciendo con mayor rapidez, es decir, antes de la edad de cuatro años'*. Por esos mismos años, y continúan durante mucho tiempo, Richard Held y Alan Hein, psicólogos del *Instituto Tecnológico de Massachusetts*, unas veces solos, otras juntos y otras con sus colaboradores, empiezan a publicar numerosos estudios sobre la visión, la percepción, los procesos perceptivos, los procesos motores, la percepción del movimiento, y el desarrollo y/o recuperación de estas facultades en gatos y otros animales. Emplean muchas estrategias: visión binocular/monocular, iluminación, movimientos, experiencias tempranas... También ellos explican, en sus numerosas publicaciones, por qué las ratas, como los niños, *'aprenden, se desarrollan, se recuperan, haciendo'*. Se empezará a hablar de *períodos críticos*, tanto antes como después del nacimiento, con respecto al sexo, a la inteligencia, a la afectividad y a decenas de otros rasgos. Algunas de sus intervenciones pueden resultar extremadamente valiosas. Y como el *'timing'* es un factor tan potente pueden dar la falaz impresión de una excesiva maleabilidad (Maya Pines, 1973).

Volviendo a Berkeley, Bennet y colaboradores van introduciendo a las ratas, así seleccionadas, en las jaulas al tiempo de su destete, (a eso de los 25 días de edad de las ratas). Y comienzan el experimento, ejemplo de investigación que se pone en marcha a partir de un

descubrimiento neto. Eran expuestas a las tres condiciones por espacio de 8 y 30 días, y varios meses. A los ciento cinco días de edad de las ratas todas ellas iban siendo decapitadas y sus cerebros inmediatamente disecados, pesados y congelados por técnicos especialistas. En esta labor incorporan al equipo a la anatomista Marian C. Diamond. Los resultados eran comprobados una y otra vez con una camada y con otra, evitando cualquier error debido a un diferente manejo de los animales o al efecto negativo por el aislamiento en el grupo control (Figura 2.1.2).

Figura 2.1.2. El medio 'rico' de los animales experimentales en el estudio de Bennet, Diamond, Krech y Rosenzweig (1964)



Pudieron concluir (Bennet, Diamond, Krech, and Rosenzweig, 1964; Rosenzweig, Bennet, and Krech, 1964; Bennet, Krech, and Rosenzweig, 1964), tras comparar, una y otra vez, los resultados de los tres grupos, que la exposición de ratas de la misma camada durante ocho días a un medio ambiente, rico o pobre en estímulos, producía considerables diferencias. En el '*Grupo Enriquecido*' había un aumento significativo y modificaciones mensurables en la anatomía y en la química del cerebro. En más de siete cepas examinadas, los animales del '*Entorno Enriquecido*' poseían:

- a) menos *AChE* cortical y más *AChE* subcortical que las otras ratas de entornos empobrecidos. En otros experimentos, las ratas del entorno enriquecido presentaban diferencias en:
- b) mayor peso y grosor del tejido de la corteza cerebral;
- c) mejora en la vascularización de la corteza (mejor riego cerebral y cambios bioquímicos: en proteínas, hexoquinasa y serotonina), y
- d) una mayor complejidad en las conexiones neuronales.

Años más tarde, y en mirada retrospectiva, Rosenzweig (1984), enjuicia la acogida que tuvieron sus resultados: "Las reacciones iniciales suscitadas por nuestros informes sobre los

importantes cambios provocados en el cerebro por la exposición benigna y relativamente sencilla de los animales a una experiencia del entorno diferenciada fueron el excepticismo o la franca hostilidad”.

2.1.2.2.2. Segunda Serie: Cerebros más Pesados. Consecuencias

Cerebros más Pesados

A pesar de la fría acogida, el equipo continúa sus investigaciones. Ahora se fijan en que uno de los resultados más chocantes y estimulantes de los experimentos anteriores era que, tras la experiencia, los cerebros de las ratas de los '*entornos enriquecidos*' pesaban más. Quisieron saber qué ocurría en los cerebros de esas ratas para que pesaran más. En esta 3ª serie encargan a la neuroanatomista Marian C. Diamond, la labor concreta de *cuantificar* la respuesta a estos interrogantes. Prosiguen los experimentos en las mismas condiciones anteriores en cuanto a sujetos y entornos. Tras las autopsias de los cerebros, y laboriosos y pormenorizados análisis, explican:

- 1) la '*Materia Gris*' queda alterada en espesor y grosor;
- 2) en algunos casos se detecta *aumento* de hasta un 15% en el tamaño de las *neuritas* en el cerebro;
- 3) también se nota *aumento* de las *proteínas* en el cerebro;
- 4) igualmente se observa *aumento* de las *ramificaciones dendríticas*;
- 5) y que el *número de la espinas dendríticas*, por unidad de longitud, es *mayor*;
- 6) *aumenta*, en consecuencia, el *número de sinapsis* y el de contactos;
- 7) se constata, además, *aumento en el peso de la corteza* en proporción al peso del cuerpo;
- 8) se descubre que las '*células glías*' experimentan un aumento de hasta un 15%;
- 9) y, con asombro, se corrobora una y otra vez, que esos cambios químicos y estructurales se producían en menos de cuatro días.

Consecuencias

La publicación de estos resultados junto a los anteriores suscita multitud de experimentos en muchos laboratorios de todo el mundo. Los estudios se sucedieron, y los resultados se repitieron, e incluso, se superaron por el trabajo en otros laboratorios, y no sólo con ratas, sino con jerbos, ardillas, y monos. Estos estudios, aunque verificaron planteamientos diferentes y examinaron variables distintas, fueron respaldando de forma coherente una misma conclusión: *De alguna manera, un 'Entorno Enriquecido', es decir, una mayor estimulación cerebral, no sólo produce un aumento de tamaño y de peso de la corteza sino que enriquece y altera completamente la calidad de toda la corteza cerebral*.

2.1.2.2.3. Tercera Serie: Plasticidad Cerebral. Significado de los Resultados

Plasticidad Cerebral

La idea general de los años 60, y por supuesto de años anteriores, era que el cerebro no cambia, que es una estructura estable, y que una vez desarrollada, conserva su tamaño e incluso puede disminuir (Diamond, Lindner, Johnson, Bennet, and Rosenzweig, 1981).

El equipo de Berkeley prosiguió en sus indagaciones, y suscitó un nuevo problema: Si un '*Entorno Enriquecido*' puede alterar los cerebros de las ratas jóvenes, ¿no sería posible que pudiera beneficiar incluso a las ratas maduras? (Rosenzweig, Bennet, and Krech, 1964).

Diseñaron una nueva serie de experimentos. Y cambiaron los sujetos. Ahora trabajaron con ratas de '*75 años*', mantenidas hasta esa edad en entornos normales. Parten de un presupuesto: La rata tiene un potencial de vida de 1000 días y el ser humano, de 100 años. De modo que a los 766, cuando trasladamos a algunas ratas a entornos enriquecidos, ya habían transcurrido tres cuartas partes de las vidas de los animales... "Comprobamos que cuando se les exponía a un entorno enriquecido entre 766 y 904 días de edad, incluso estas ratas ancianas presentan un engrosamiento de la corteza cerebral (Diamond, 1988; Hopson, 1984).

Se comprobó que la capacidad de cambios neurales plásticos estaba presente, no sólo al principio de la vida, sino durante la mayor parte, si no en toda, de su duración. El descubrimiento de plasticidad cerebral en las ratas adultas desafiaba los supuestos de muchos psicólogos y neurocientíficos de que el cerebro asume valores adultos en una época temprana de la vida (Rosenzweig, 1984).

Estos resultados parecían desafiar no sólo el dogma científico, sino incluso el sentido común: todos hemos observado cómo la gente mayor nos encerramos cada vez más en nuestra forma de vida, y nos volvemos reacios al cambio; cómo a los adultos nos resulta más difícil abrir nuestras mentes a nuevas formas de pensar que a los niños, como, por ejemplo, en el aprendizaje de un nuevo idioma.

Significado de estos Resultados

1. Siempre que un '*Entorno*' sea lo suficientemente rico, (es decir, desafiante, estimulante, complejo), el crecimiento y el enriquecimiento cualitativo de la corteza cerebral pueden proseguir durante toda la vida adulta.
2. Dado que la corteza es sede de las funciones superiores como la *inteligencia* y la *creatividad*, podemos suponer que, recibiendo experiencias *adecuadas*, la inteligencia, la creatividad y el tamaño del cerebro pueden seguir creciendo incluso en edades sumamente avanzadas.
3. El cambio cortical se puede producir mucho más fácil y rápidamente de lo que se pensó inicialmente. Con dos horas en jaula enriquecida, y aún menos, se producían los efectos.

2.1.2.2.4. Cuarta Serie: Entornos y Herencia. Resultados y Conclusión

Entornos y Herencia

Podemos imaginar nuestra corteza cerebral como una *HOJA* de una superficie de 70 cm² y un espesor de 0.30 cm, que contiene cerca de 100 billones de neuronas, sostenidas y alimentadas por muchos billones de células glías. Es la sede de nuestras llamadas '*funciones superiores*':

- Detección de características en todos los sistemas sensoriales;
- Aprendizaje y asociación;
- Memoria y recuerdo;
- Diseño de programas elaborados de acciones musculares

- Formación y comprensión del lenguaje;
- Creatividad y apreciación en todas las formas de arte;
- Sensaciones;
- La conciencia... (Harth, 1982).

De todos los experimentos reseñados hasta ahora, se puede deducir una clara conclusión: *Existe una fuerte conexión entre estimulación sensorial e inteligencia, aunque también la herencia tiene mucho peso en esa inteligencia.*

Krech, Rosenzweig y Bennet (1966), diseñan una nueva serie de experimentos. La pregunta ahora es si es posible, a través de la manipulación de los 'entornos', cambiar esas diferencias marcadas por la herencia. Toman dos grupos de ratas: a) *Ratas Mediocres* en laberinto; y b) *Ratas Hábiles*. Estos grupos de ratas eran genéticamente distintos. Sus cerebros eran bastante diferentes, a niveles de enzimas cerebrales, sobre todo en sus proporciones distintas entre corteza cortical y subcortical.

Resultados y Conclusión

Parten de un sencillo diseño (Cuadro 2.1.1):

Cuadro 2.1.1. Diseño Factorial 2 x 2

		R A T A S	
		HÁBILES a_1	MEDIOCRES a_2
E N T O R N O S	ENRIQUECIDO b_1	$a_1 b_1$	$A_2 b_1$
	EMPOBRECIDO b_2	$a_1 b_2$	$A_2 b_2$

Aprovechan este diseño factorial para realizar dos experimentos: A) *Relación entre Actividad Mental y Química Cerebral*, y B) *Discriminación Inversa*.

A) Relación entre Actividad Mental y Química Cerebral

Vemos, por el diseño, que el Grupo de *Ratas Hábiles* son situadas, unas, en 'entorno enriquecido', y, otras, en 'entorno empobrecido'. Lo mismo hacen con las ratas consideradas como *Mediocres*.

Los resultados son asombrosos. Encuentran:

- Las diferencias cerebrales iniciales entre ambos grupos entre ratas *hábiles* y *mediocres*, puestas en 'entornos enriquecidos', prácticamente desaparecían.
- Al revés, las diferencias entre ambos grupos de ratas situadas en 'entornos empobrecidos', lamentablemente, se duplicaban: Las *Mediocres* se volvían más *mediocres*.

B) Discriminación Inversa: Tratando de comprobar la capacidad de aprender que las reglas pueden cambiar. Los *resultados* fueron también llamativos:

- a) *Las Ratas Mejor Dotadas* fueron siempre superiores a las ratas mediocres, en todas las comparaciones.
- b) Las *Ratas Hábiles* situadas en '*entornos empobrecidos*' en comparación con las *Torpes* situadas en '*entornos enriquecidos*' arrojan nuevos datos chocantes: Las *Mediocres* alcanzaban *resultados muy superiores* en la prueba.

Y llegan nuevas y más atrevidas *conclusiones*: "Ahora podemos reparar los afectos de generaciones de crianza. La herencia no es suficiente. Todas las ventajas de heredar un buen cerebro se pueden perder si no se goza de un entorno psicológico adecuado para desarrollarlo" (Maya Pines, 1973; Globus, Rosenzweig, Bennet, and Diamond, 1973).

2.1.2.2.5. Otras Investigaciones

2.1.2.2.5.1. Grupo Argentino: Los '*Entornos Superenriquecidos*'

Pedro A. Ferchmin y Vesna A. Eterovic, investigadores argentinos, primero en Córdoba, Argentina, (1974), y luego en la Universidad del Caribe, Cayey, Puerto Rico, (1977), crearon lo que se llamaron '*entornos superenriquecidos*'. Descubren, que con sólo cuatro días en esos entornos se producen los mismos efectos que teniendo a las ratas 30 días de permanencia en los entornos enriquecidos (Eterovic, and Ferchmin, 1974; Ferchmin, and Eterovic, 1974).

Y otra *comprobación*: Expusieron a las ratas a *cuatro periodos* de menos de una hora en '*entornos superenriquecidos*' y encontraron *incrementos corticales*, significativos (Ferchmin, and Eterovic, 1976).

En otra serie de experimentos, sometieron a las ratas a *cuatro exposiciones* al día de *sólo diez minutos* en entornos superenriquecidos. Volvieron a encontrar *incrementos significativos* en el peso cortical (Ferchmin, and Eterovic, 1976; 1977; 1980).

En esta línea de investigación, acortando los tiempos, Rosenzweig cita cómo algún grupo de investigación, en una única sesión de cuarenta minutos, dedicada a elegir recorridos iluminados para evitar descargas, habían inducido también cambios cerebrales importantes, así como incrementos del número y calidad de algunas sinapsis (Rosenzweig, 1984).

2.1.2.2.5.2. William Greenough: Estimulación Química, Eléctrica y Crecimiento Cerebral

William Greenough, neurobiólogo de la Universidad de Illinois, en Champaign-Urbana, junto con un nutrido equipo de colaboradores, retoman, a principios de los 70, los experimentos de Bennet, et al. Aún hoy en día siguen investigando con ratas y analizando la morfometría dendrítica de diversas zonas del cerebro, la plasticidad dendrítica y su relación con la memoria y los aprendizajes. Van analizando año tras año e investigación tras investigación el efecto diferenciado de los diversos entornos. Los resultados les confirman, una y otra vez, más grosor, más dendritas, más sinapsis, más información. En 1973 introducen nuevas variantes, diversos estímulos químicos, eléctricos, visuales. Van más lejos y tratan de demostrar fehacientemente la relación de esos resultados con la memoria y los aprendizajes.

Estimulación Química y Crecimiento Cerebral

1. **PRIMERA SERIE:** Examinaron, en tres experimentos con ratas de dos ramas, albinas y encapuchadas, el efecto de la actividad de la AChE, en las diferencias ya comprobadas tras una crianza diferenciada en entornos enriquecidos y empobrecidos. El procedimiento seguido fue: Entrenar a todas las ratas en diversas tareas. Tras el entrenamiento se les van administrando diversas dosis del inhibidor eserina. Y miden conductas. En una discriminación operante de luminosidad, la droga tiende a rebajar la ejecución, y las diferencias, fruto de la crianza, dejan de verse claras. En un laberinto Lashley III, la administración de eserina tras el ensayo facilitaba el aprendizaje en los sujetos de crianza enriquecida, y encontraban claras las diferencias en función de la dosis de droga, entre los diversos grupos de crianza diferenciada. Comparados sujetos de crianza enriquecida con los grupos de crianza empobrecida, iguales peso corporal, encontraban diferencias significativas en peso cerebral. No encontraron, en cambio, diferencias en grosor entre los grupos tratados con el inhibidor de la actividad AChE.

Concluyeron de esta serie de experimentos que los resultados encontrados apoyaban sugerencias previas de ellos mismos de que sujetos criados en entornos enriquecidos o empobrecidos tal vez se diferenciaban en algunos aspectos de almacenaje de memoria, que es lo se proponían con estos experimentos (Greenough, Yuwiler, and Dollinger, 1973).

Estimulación Eléctrica y Crecimiento Cerebral

2. **SEGUNDA SERIE.** En esta serie parten de los resultados de un estudio previo de ellos mismos. Habían demostrado que tras 50 días de crianza de ratas en entornos superpoblados con diversidad de población, y en tareas complejas apetitivas o aversivas (aprendizajes de laberinto apetitivo, evitación discriminada), los sujetos mostraban, generalmente, ejecuciones más pobres, y esto en función de las condiciones de población. No encontraban, por el contrario, diferencias significativas en tareas más simples en laberintos sencillos (Goeckner, Greenough, and Maier, 1973). Ahora estudian el efecto producido por un shock eléctrico del cual no pueden algunos sujetos escapar. Emplean 112 ratas y realizan dos replicaciones. Las crían, tras el destete, y durante 50 días, solas, y en grupos de 4 y de 32. Tras esta crianza diferenciada, se les entrena en una jaula preparada, donde tenían que realizar dos cruzamientos si querían evitar o escapar de un shock. A 10 sujetos de cada condición se les aplica un shock inevitable antes del entrenamiento en la jaula. Otro grupo de 10, recibía la misma manipulación, pero sin shock. Y vienen las comprobaciones: Los sujetos a quienes se les había manipulado y aplicado un shock inevitable, fracasaban en la tarea en la jaula. Esto era general, para todos, cualquiera fuera la condición de población en la que se habían criado. En cambio, los sujetos que no recibieron la sacudida, realizaban la tarea en la jaula, pero con diferencias: Las ratas criadas en grupos de 32, requerían varios intentos para conseguir el nivel de desempeño del grupo más pequeño. Los resultados, pues, indican que el deterioro del aprendizaje, tras una crianza superpoblada no era causado por una conducta de impotencia (Goeckner, Greenough, and Maier, 1974).

Estimulación Visual y Crecimiento Cerebral

3. **TERCERA SERIE: Estimulos visuales en un hemisferio.** Vuelven a la misma idea en 1979. Ahora con estímulos visuales en un solo hemisferio. Como siempre, parten de resultados previos encontrados por ellos mismos que les habían indicado la conectividad interneural diferenciada, consecuente con una experiencia diferente, tanto en periodos de

desarrollo como en edad adulta. Examinadas las neuronas piramidales de las Capas IV y V en el córtex occipital de ratas adultas, en preparaciones tipo Golgi, tras un entrenamiento prolongado en laberinto, se informó que se había alterado la morfometría dendrítica de esas zonas (Greenough, Juraska, and Volkman, 1979).

En otro estudio posterior se proponen determinar la especificidad de la alteración del crecimiento dendrítico en la zona del córtex occipital de las ratas. Miden los efectos de un entrenamiento en laberintos con visión monocular, en ratas ya adultas y mayores. Emplean un procedimiento de cerebro partido (*split-brain*). Se valen para ello de una especie de lentillas de contacto opacas. Forman un grupo control y otro experimental. A los sujetos de éste se les entrena en laberintos, a unos con oclusión monocular fija, a otros con oclusión monocular alternada. De esta forma uno de los hemisferios quedaba eficazmente cegado. En esas condiciones pusieron a todas sus ratas a trabajar en el recorrido de laberintos, mientras recibían los correspondientes estímulos visuales en un hemisferio y no en el otro.

Los sujetos con entrenamiento unilateral fijo registran más dendritas y más largas en las neuronas piramidales en la Capa V del córtex occipital, del hemisferio opuesto al ojo tapado. Las ratas con entrenamiento alternado, comparadas con los controles, registraron más dendritas y también más largas en las neuronas piramidales en la Capa V del córtex cerebral y en ambos hemisferios. Estos resultados les indican que las consecuencias del entrenamiento se concentran en áreas de procesamiento de la información, asociadas con aspectos visuales del entrenamiento (Chang, and Greenough, 1982).

Tras múltiples análisis de los resultados ya hallados por el grupo, después de muchos años de investigación sobre más de 37 variables que representan medidas de la morfología sináptica, en ratas criadas en entornos complejos, sociales e individuales, manifiestan que los resultados indican que la expresión diferenciada de procesos vasculares coordinados y metabólico-celulares se da entre los tres entornos. Los resultados apuntan, dicen, a que la adaptación del cerebro, a las demandas del entorno depende de la respuesta del córtex como un todo, pero también del número y el tamaño de las sinapsis (Sirevaag, and Greenough, 1988).

Conclusiones: Como conclusión de estas series de experimentos se empezó a hablar de 'sinapsis a voluntad'. Y algo más. También se ha llegado a afirmar: Podemos compensar, e incluso invertir, el envejecimiento tardío de las ratas, proporcionándoles regularmente cambios de experiencias. Y se siguen preguntando: ¿Sabemos que las ratas viejas pierden sinapsis y la gente también? ¿Se pierden porque forman menos conexiones? Es muy posible que la experiencia pueda determinar el número de sinapsis que nace y el número de sinapsis que sobrevive, y que los acercamientos que van en progreso en comprensión de la formación de la memoria tienen su reflejo en los aprendizajes hechos con animales (Hall, 1985; Cotman, and Lynch, 1989).

2.1.3. ENVEJECIMIENTO Y REGENERACIÓN CEREBRAL

2.1.3.1. LAS CÉLULAS GLÍAS

Muchos investigadores han empezado a hipotetizar que una de las claves de la capacidad intelectual radica en la proporción entre glías y neuronas en la corteza, una

proporción que es aproximadamente de diez a una en los seres humanos. Suponen que esta proporción es una de las claves que marca la separación entre el hombre y el mono.

En esta línea, y gracias a la tecnología de investigación de reciente desarrollo, los científicos han podido detectar ya una serie de actividades insospechadas hasta ahora en las células gliales.

Gary S. Lynch, neurobiólogo de la UC, Irvine, y colaboradores, vienen dedicándose, desde hace muchos años, al estudio de la plasticidad cerebral y su influencia en la memoria y en los aprendizajes. Dicen haber demostrado que en el periodo anterior a que brote ninguna neurita, antes de que crezca y se desarrollen las neuritas, las células de glia experimentan una actividad enloquecida. Las células de glia se dividen y se mueven por el tejido intacto del cerebro. Migran atravesando grandes secciones del cerebro para llegar al emplazamiento activo. Y las que ya se encuentran allí experimentan reacciones increíbles. Echan ramas que se vuelven muy grandes. Todo esto pasa antes de que se produzca ningún crecimiento neurital (Lynch, 1984; Larson, and Lynch, 1986).

Brian McVicar cita sus estudios realizados en la Universidad de Calgary, Alberta, en los que, junto con sus colaboradores, asegura haber detectado:

- Que en condiciones especiales, las células glías pasan a ser excitables eléctricamente y se comportan como neuronas;
- verdaderos potenciales de acción en dichas células glías;
- cambios eléctricos autopropagados, características propias de las células nerviosas, musculares y endocrinas;
- que pueden provocar una excitación generalizada de las neuronas;

Como *consecuencias*, se puede ya sostener que:

- Un incremento de glías repercute en todo el conjunto; y
- que el funcionamiento general del cerebro, como consecuencia lógica, tendrá que mejorar (McVicar, 1984).

También cabe citar en este tema las explicaciones de Marian C. Diamond. Junto con sus colegas, esta investigadora ha proseguido y ampliado sus investigaciones sobre los efectos de la estimulación sensorial, o los '*entornos enriquecidos*', sobre los cerebros e inteligencia de los seres humanos y los animales de laboratorio. Sus investigaciones han convencido de que el entorno puede cambiar el cerebro, y puede hacerlo a cualquier edad (Diamond, 1988). Cree esta investigadora que una elevada proporción de células de glia en relación con las neuronas puede tener una función en la superioridad intelectual de algunos genios, como Albert Einstein. Y no habla de memoria. Diamond tuvo la suerte de conseguir unas muestras del cerebro de Einstein, por medio del patólogo que llevó a cabo la autopsia de Einstein en 1955. Diamond examinó secciones del neocórtex para determinar la proporción de células de glia y neuronas. Dice: Partimos de la hipótesis de que si el cerebro de Einstein era más activo en algunas áreas, encontraríamos más células de glia en ellas. *Encontró*, en efecto, que el cerebro de Einstein contenía más células gliales por neurona en las cuatro áreas estudiadas en comparación con once cerebros de varones normales de edades comprendidas entre 47 y 80 años. No sabemos si Einstein nació así o si se desarrolló más tarde, pero esto nos dice que existe evidencia de que tenía un mayor proceso intelectual en una de las áreas del cerebro más evolucionadas (Diamond, 1993).

2.1.3.2. ENTROPÍA MENTAL TRADICIONAL

2.1.3.2.1. Células Cerebrales y Capacidad Regenerativa.

En la primera parte de este capítulo ha quedado clara la importancia de exponer al cerebro a estimulación, desafío, cambio, ambigüedad, novedad..., elementos que podrían constituir el equivalente de los entornos enriquecidos a los que sometían a las ratas de laboratorio. Toda la evidencia indica que ya tengamos veinte, cuarenta u ochenta años, nuestros cerebros tienen capacidad para desarrollarse, y tenemos la capacidad para volvernos más inteligentes (Bloom, 1981).

En este tema concreto se enfrentan, por una parte, la '*Teoría Tradicional*', y por otra, los *Estudios más Recientes* que abren el camino a nuevas interpretaciones que contradicen la teoría tradicional.

La '*Teoría Tradicional*' se sostenía en unas *verdades científicas incuestionables* que se resumen en el principio que defiende que la madurez cerebral queda concluida a los 2 años. A partir de la madurez se va a ir produciendo una pérdida inexorable e inevitable de células cerebrales.

Aún perdura la presunción de que la edad avanzada significa inevitablemente decadencia mental, que se concreta en mala memoria, senilidad, confusión y aburrimiento. Esta presunción se sustenta en varias *bases o dogmas*:

1º. Las células cerebrales, a diferencia de las demás células del cuerpo, carecen de capacidad de regeneración o reproducción. Los X billones de células cerebrales con los que nacemos deben durarnos toda la vida.

2º. Perdemos miles de células cerebrales cada día. Cada trago de licor, por ejemplo, elimina cantidades de células cerebrales.

Según estos dogmas: *Después de alcanzar la madurez estamos condenados a una lenta decadencia hasta la senilidad, al disminuir inexorablemente nuestras células cerebrales.*

Pero los *estudios actuales* abren el camino para sostener que el cerebro no pierde células con la edad, siempre y cuando se le suministre una estimulación apropiada. Además se da por sentado que hay ciertas partes del cerebro donde las células pueden ir creciendo. Y que como consecuencia de todo lo anterior se puede dar un incremento de la inteligencia y un funcionamiento más eficaz del cerebro, incluso, después de los 70, 80 ó 90 años.

Evidentemente, un cerebro, compuesto por estas neuronas, nunca podrá estar hasta los topes. Quizá, cuanto más sepa, más pueda saber y crear. Quizá, en realidad, podemos proponer una hipótesis increíble: La máxima capacidad creativa del cerebro puede ser infinita a todos los efectos prácticos (George Leonard, 1978).

Pero veamos reseñados algunos de los estudios que han puesto en duda dichos dogmas:

A) Experimentos de Clarence y C.M. CONE

Respecto al *primer dogma*: *No se forman neuronas pasados los primeros años de vida*, conviene citar los descubrimientos realizados por Clarence Cone y C. M. Cone, en el

Laboratorio de Biología Celular y Molecular del Veterans Administration Hospital Center, de Hampton, Virginia. Estos investigadores trabajaron en un tiempo para la *NASA*. Descubren que es posible estimular la regeneración de las neuronas por medio de '*cambios electromagnéticos*' directos a través de la superficie celular. Este descubrimiento fue patentado por la *NASA* y después confirmado por otros laboratorios (Cone, and Cone, 1976). Fue uno de los primeros pasos y un nuevo impulso en la línea ya comentada.

B) Experimentos de NOTTEBOHM.

Y aún hay más. Fernando Nottebohm, zoólogo y ornitólogo, viene dedicando casi toda su vida al estudio de los pájaros. Casi de forma monográfica él y su equipo se centran en los canarios. En el proceso de las investigaciones, retoman el tema de la neurogénesis en los cerebros de los pájaros cantores. En concreto son reseñables los estudios, inspirados y dirigidos por él, *sobre los mecanismos neurológicos del gorjeo de los pájaros*.

Sus primeras investigaciones les llevan a detectar, en el cerebro de los canarios, tres áreas de control vocal. Y curiosamente, en los machos, esas áreas eran más amplias y gruesas que en las hembras. Descubren, también, que esas diferencias en tamaño correlacionaban con la conducta canora: Los machos cantan y las hembras, normalmente, no lo hacen (Nottebohm, and Arnold, 1976).

Prosiguen sus estudios, y Nottebohm (1980), comunica que los canarios hembras gonadectomizadas y bajo la influencia de testosterona, podían aumentar dos áreas canoras del cerebro hasta un 93%, la una, y la otra, hasta un 53%. Recuperaban, además, la capacidad del canto como los machos. Con estos datos empieza a vislumbrarse que el cerebro de los canarios adultos posee la increíble capacidad de regenerar sus propias células.

Un año posterior, y tras el estudio de la complejidad del canto en función de la edad, Nottebohm y cols. comunican que los dos núcleos telencefálicos de control del canto, en machos adultos, presentan uno de ellos unas cuatro veces más amplio que en las hembras de la misma edad. El otro núcleo, hasta tres veces, mayor. En las demás zonas cerebrales no se detectan cambios significativos. Atisban que el tamaño de las áreas canoras en los machos adultos se relaciona con el canto, cada día más complejo (Nottebohm, Kasparian, and Panzadis, 1981).

Las sugerencias surgen ellas solas: La formación de nuevas sinapsis entre neuronas existentes, asociadas con las modificaciones en la morfología sináptica, es importante para la adquisición de una nueva conducta y cantos más complejos, y que los efectos conductuales y anatómicos están asociados con la testosterona administrada en condiciones primaverales (Devoogd, Nixdorf, and Nottebohm, 1985).

En este curioso y apasionante proceso, Nottebohm (1985), resume, de alguna manera, los hallazgos de su grupo. Es claro que les ocurrió un caso de *Serendipity*. Comprobaron que el cerebro de un pájaro adulto posee la increíble capacidad de regenerar sus propias células nerviosas. Creemos, dicen, que de todas las cosas que estamos viendo en nuestro trabajo, la más revolucionaria es esta idea de la neurogénesis, en la que nuevas neuronas pueden nacer en un cerebro adulto. Porque hasta ahora ha existido el dogma de que esto simplemente no ocurría. Pero se encontraron con ciertos *datos*. Un pájaro adulto puede generar hasta 20.000 nuevas células en un sólo día. (El cerebro humano, se supone que pierde, por término medio, unas 50.000 neuronas diarias). El dato constatado en los pájaros no ha sido observado aún en los humanos. Pero creen que el mismo principio de regeneración neuronal podrá, con el tiempo, ser aplicado a los seres humanos. Se plantean un *reto*: Si los neurólogos proveen las condiciones correctas, pueden, a su vez, estimular el crecimiento de nuevas neuronas y nuevas

conexiones neurales, así como ampliar la recuperación cerebral (Nottebohm, 1985; Nottebohm, et al., 1981).

Y siguen las sugerencias: Los cambios estacionales, en volumen, reflejan cambios de circuitos que están bajo control hormonal, y que estos cambios se relacionan con procesos de aprendizaje y posiblemente de olvido (Nottebohm, Nottebohm, Crane, and Windfield, 1986).

El equipo prosigue con sus trabajos y llegan a hipotetizar que es la concurrencia de cambios hormonales, neurales, y conductuales, la que mediatiza y facilita el complejo aprendizaje de nuevos cantos en la edad adulta (Nottebohm, Nottebohm, Crane, and Windfield, 1987).

La línea de investigación, que este equipo persigue en los últimos años, se propone:

- La búsqueda y la confirmación de los factores moleculares que controlan la neurogénesis en los pájaros, con el fin de poderlo utilizar posteriormente en mamíferos superiores y, finalmente, en el ser humano (Nottebohm, 1985);
- el descubrimiento de cuáles son aquellas moléculas, los neurotransmisores, que ponen en acción esos genes (Álvarez-Buylla, Kim, and Nottebohm, 1990); y
- la identificación de los genes que controlan el nacimiento de nuevas neuronas en los pájaros (Jarvis, Mello, and Nottebohm, 1995; Mello, Nottebohm, and Clayton, 1995).

Y un rasgo de humildad de *Nottebohm*, y una advertencia subliminal para futuros investigadores: Los *instrumentos* para descubrir la neurogénesis en pájaros adultos existían mucho tiempo antes de que hiciéramos nuestro trabajo. Cualquier estudiante de postgrado pudo haber inyectado *Timina Radiactiva* en el cerebro de un canario adulto y descubrir neuronas recién nacidas. Pero ninguno lo intentó, porque el dogma decía que ese intento sería inútil. Nuestro cerebro puede aún tener el potencial de producir cascadas de nuevas neuronas, si se le expone a los factores moleculares correctos. El primer paso sería inducir el crecimiento de glías radicales y su proceso, y, una vez que el andamiaje de fibras hubiera ocupado su puesto, el paso siguiente sería inducir la neurogénesis.

2.1.3.2.2. Pérdida de Células y Cerebro:

El *segundo dogma* enunciado sustenta que '*Perdemos miles de neuronas cada día, y, así, hasta la senilidad*'. También se pueden reseñar algunos estudios que han contribuido a que este dogma quede obsoleto.

A) Estudios de M. C. DIAMOND.

Siguiendo en esta línea de ir buscando estudios para demostrar la *falsedad* de las *presunciones*, generalmente aceptadas, nos encontramos con Marian C. Diamond. La idea general de los años 60, y por supuesto de años anteriores, era que el cerebro no cambia, que es una estructura estable, y que una vez desarrollado, conserva su tamaño e incluso puede disminuir (Rosenzweig, 1984). Diamond se enfrenta al tema de la inevitable pérdida de células. Por sus investigaciones citadas anteriormente sabía que las ratas, expuestas a entornos enriquecidos, podían experimentar desarrollo cerebral aún cuando la exposición se produjera a una edad avanzada. Consecuente con ello, *rastrea* de forma exhaustiva en la *literatura científica* en busca de datos concretos que apoyen el dogma. Confiesa que no pudo encontrar

ni un solo estudio definitivo que lo demostrara. En muchos estudios que decían constatar pérdida de neuronas, los animales habían estado aislados, o simplemente se les dejaba a solas. No se tomaron en consideración los factores ambientales. Otros pocos estudios no consiguieron comprobar esa pérdida, y hemos repetido con éxito esos resultados. Comprobó que aunque se produce cierta pérdida de células, la reducción más importante se produce en fecha temprana en la vida, y las pérdidas posteriores no son importantes, ni siquiera al final de la vida (Diamond, 1993).

En un entorno no enriquecido, el cerebro de una rata normal disminuye de tamaño con la edad, pero no pierde necesariamente células cerebrales. Simplemente, las dendritas van a menos, de forma que las células se vuelven más compactas. ¿Y qué significa *van a menos*? Cuando doy una conferencia, dice Diamond, enseño mi mano: la palma es el cuerpo de la célula y los dedos son dendritas. Con el uso, puedo mantener las dendritas así, extendidas, pero sin estimulación, se encogen. Es bastante sencillo: las usas o las pierdes... El factor principal (del entorno enriquecido) es la estimulación. Las células nerviosas están concebidas para recibir estimulación (Diamond, 1984).

Una *conclusión* se desprende de lo anterior: *Tenemos buena evidencia de que en el cerebro del mamífero no se producen cambios estructurales drásticos al llegar a una edad avanzada* (Diamond, 1988).

B) Paul D. COLEMAN y Stephen J. BUELL

Aún se pueden reseñar otros estudios orientados a *medir* la pérdida de células con el aumento de la Edad. En este objetivo tenemos a un grupo de investigadores dirigidos por Paul D. Coleman y Stephen J. Buell, neurólogos en esos años en la Universidad de Rochester. En varios estudios comparativos entre cerebros, tras autopsia, de sujetos adultos (44-55), mayores normales (68-92), y ancianos dementes (70-81), o con Alzheimer, *indicaron* que en todo momento hay dos poblaciones de neuronas, una está muriendo y la otra está experimentando un crecimiento dendrítico. En la edad avanzada, sin demencia, dicen Buell y Coleman, la que predomina es esta última. Muchas áreas del cerebro no sufren ningún tipo de pérdida cerebral, y en áreas que experimentan una pérdida de neuronas, también se produce un desarrollo compensador de dendritas. Y dendritas más largas significa mayor número de espinas dendríticas, más sinapsis, más puntas posibles de enlace y comunicación con otras neuronas, un mayor número de estados potenciales, y unas capacidades más ricas y más complejas. Cualquier pérdida en la línea de un menor número de neuronas, en personas mayores sanas, queda compensada por el enriquecimiento de las conexiones neurales (Buell, and Coleman, 1981; Storfer, 1984; Flood, Buell, Horwitz, and Coleman, 1987).

En 1986, otro grupo norteamericano (Purves, Hadley, and Voivodic), logró observar, *'in situ'* y durante meses, la célula nerviosa con sus ramificaciones y conexiones. La hazaña tecnológica de investigar una sola célula a lo largo del tiempo ha sido posible gracias al desarrollo de la microscopía de baja iluminación, procesamiento digital de imágenes por ordenador y utilización de colorantes vitales sin toxicidad. Así se han estudiado las dendritas del ganglio cervical superior del ratón. La configuración dendrítica cambia poco si el intervalo es de una semana, pero, después de meses, las diferencias son espectaculares: hay ramas dendríticas que se alargan, otras se retraen, algunas desaparecen completamente y surgen otras nuevas. Puesto que en los ganglios simpáticos la gran mayoría de los contactos sinápticos se establecen en las dendritas, los cambios observados indican una actividad morfológica insospechada, que indudablemente ha de tener un profundo significado funcional (Delgado, 1989, pp. 164-165).

2.1.3.2.3. Edad y Actividad Metabólica del Cerebro

Finalmente, otra verdad incuestionable viene a decir que '*La anatomía y la química cerebrales permanecen inmutables*'. Pero también se ha podido demostrar la endeblez de esa inmutabilidad.

En una entrevista en el New York Times (February 21, 1984), Daniel Goleman comentaba unos estudios realizados unos años antes en el *Instituto Nacional de Envejecimiento de EEUU*. La finalidad de tales estudios buscaba analizar la química cerebral y la actividad metabólica del cerebro, y comparar la química cerebral entre adultos, con edades que iban de 21 a 83 años. Emplearon para sus estudios técnica punta de lo más sofisticado como la *resonancia magnética*. Tras detallados análisis llegaron a afirmar que la gente sana puede volverse cada vez más inteligente a lo largo de su vida. Apoyaron esta conclusión en el dato observado, consistente en que el cerebro sano, de edad avanzada, les aparecía en las resonancias tan activo y eficiente como el cerebro sano y joven.

Estos datos no hicieron sino confirmar los hallazgos del equipo de Berkeley, y que Diamond había resumido y recordaba también en una entrevista al periódico *Los Angeles Times*, un mes antes (January 25, 1984), diciendo que podemos mantener perfectamente nuestro cerebro tan elástico y joven como cuando teníamos ocho o diez años de edad.

2.1.3.3. EJERCICIO FÍSICO y DECADENCIA: Estudio Longitudinal

Lo de las ratas en sus entornos, quedaba claro. No así la generalización a humanos. No era fácil encontrar paralelismos con los entornos enriquecidos. Un intento en la búsqueda de paralelismos se hizo en el ejercicio físico. La opinión popular general sostiene que el esfuerzo intelectual, aunque sea agotador, fortalece el cerebro de la gente sana. Apoyados en esa creencia podemos encontrar ciertos paralelismos. Poseemos *aparatos*, y no sólo para estimular el *desarrollo corporal* (*Barras con Pesas, Máquinas Nautilus y Universal, Ruedas de Molino, Ciclo-Statics, Máquinas de Remo y Esquí...*), sino que también estamos en disposición de estimular el *desarrollo cerebral*, mediante *aparatos*, fomentando el crecimiento cerebral y acelerando el proceso de fortalecimiento del cerebro (Pollock, 1973).

Como muestra podemos reseñar brevemente una investigación de tipo longitudinal, entre las muchas realizadas a través de los veinticinco últimos años por Pollock y sus colaboradores, uno de los grupos de investigadores más activos en el tema del ejercicio físico en todas las variedades y en sus repercusiones en la salud, en el estado físico, y tanto en jóvenes, como en adultos y gente mayor (Pollock, 1974).

Este estudio de diez años de duración en el *Centro Médico Monte SINAI* de la Universidad de Wisconsin, revela que el ejercicio regular intenso puede eliminar virtualmente esa decadencia de la cual venimos hablando. Los investigadores lo *comprobaron* midiendo la capacidad aeróbica ($\dot{V}O_2\text{max}$) de un grupo de corredores de élite de grandes distancias a principios de los años 70. Diez años después, volvieron a comprobarlo (eran todos varones, ahora ya con edades entre cincuenta y ochenta años), para ver cuánto había decaído su capacidad aeróbica. Los investigadores quedaron sorprendidos al constatar que los corredores que seguían un entrenamiento duro, casi la mitad del grupo, *¡¡no había perdido absolutamente nada de capacidad aeróbica!!* Entre los que se habían relajado un poco, pero seguían entrenándose vigorosamente, se había producido una ligera decadencia, pero los hombres seguían estando en el percentil más alto de sus grupos de edad. Maravillándose del vigor físico de los hombres, muchos de ellos septuagenarios u octogenarios, Pollock dijo: "Si les tapas la cabeza con una bolsa, creerías que son veinteañeros" (Morgan, and Pollock, 1977).

2.1.3.4. INTELIGENCIA FLUIDA Y CRISTALIZADA

El crecimiento continuado de las células del cerebro durante toda la vida tiene implicaciones importantes como son: La Vinculación directa entre desarrollo de células cerebrales y el Desarrollo de las facultades superiores, como la inteligencia y la creatividad.

2.1.3.4.1. Nociones.

Y para esclarecer el tema podemos entrar en el concepto de *inteligencia cristalizada*. Daniel Goleman, psicólogo, gusta de definirla, como *la capacidad de una persona para utilizar un conjunto acumulado de información general para realizar apreciaciones y resolver problemas*. En términos prácticos, la inteligencia cristalizada interviene, por ejemplo, en la comprensión de los argumentos presentados en el editorial de un periódico, o en tratar problemas para los cuales no hay respuestas claras, sino simples opciones mejores o peores (Goleman, 1995).

2.1.3.4.2. Estudios.

No faltan estudios sobre las evidencias que apoyan la teoría de la *inteligencia fluida y cristalizada*, ya definida. Como ejemplo podemos citar a John L. Horn, psicólogo, uno de los investigadores más prestigiosos en esta labor. Toda su vida la ha venido dedicando, de forma muy intensa, a la medición, validación y análisis finos de los factores subyacentes a muchos de los instrumentos que empleamos en psicología. Ya en los tempranos años 60, junto con Raymond B. Cattell publican un informe sobre las diferencias encontradas, en función de la edad, entre inteligencia fluida y cristalizada. Emplean una muestra de 297 sujetos entre los 14 y 61 años. Les dividen en 5 grupos de edad. En su informe describen las diferencias encontradas respecto al funcionamiento intelectual asociado al paso de los años, y sobre todo a la madurez e inicio de la vejez. Los resultados encontrados les llevan a afirmar que:

- 1) el nivel medio de inteligencia fluida (Gf), aparecía sistemáticamente más alto entre adultos más jóvenes;
- 2) el nivel medio de inteligencia cristalizada (Gc), se mostraba sistemáticamente más elevada en adultos mayores (Horn, and Cattell, 1967).

Un año después publica Horn otro informe. Habla en él ya de dos factores claros, interrelacionados, que había encontrado tras los análisis de varias actuaciones indicativas de la inteligencia, y que representaban cada uno de ellos una forma de inteligencia. Según dichos datos, la inteligencia cristalizada indica el aumento de la aculturación tal como lo definen las capacidades humanas. El otro factor, la inteligencia fluida, refleja un patrón de influencias neurofisiológicas y de aprendizaje incidental. Como procesos de desarrollo declara Horn que él los contemplaba como independientes, y que se van desarrollando desde la infancia, hasta la vejez. Las medidas de la inteligencia fluida son indicadores muy sensibles ante alguna malfunción cerebral. Es un tipo de inteligencia que decae con el daño cerebral y hasta la vejez (Horn, 1968).

Años más tarde, tras muchos estudios sobre diferencias individuales y apoyado en cuantiosos análisis multivariados, hablará de un '*periodo vital crítico*', que se extendería, según él, aproximadamente, desde los 20 hasta los 80 años de edad (Horn, and Hofer, 1992).

En los años 90 vuelve Horn al mismo tema, esta vez en colaboración de Alan S. Kaufman, autor del *Test de Inteligencia para Adolescentes y Adultos*. Como muestra normalizadora emplean 1.500 sujetos, entre 17 y 94 años de edad. Les agruparon en 13 grupos de edad. En sus análisis multivariados manejaron un *Manova* y un *Mancova*. Trataron de medir con cuatro medidas el *razonamiento fluido* (*Gf*) y la medida compuesta del declive de la *Gf*, que consideran es progresivo a través de la madurez, con una aceleración acentuada a partir, más o menos, de los 55 años. Emplean también cuatro medidas del *conocimiento cristalizado* (*Gc*), y la medida de su incremento, que no disminuye, sino que aumenta rápidamente con la edad, a partir de los 20 años, y aunque el ritmo de aumento se reduce tras los años, permanece más o menos invariable durante la madurez media, hasta los 60, y, a partir de aquí, empieza a decaer hasta la edad avanzada. Sería la capacidad para traer y mantener en mente muchas facetas de información diferentes, y que mejora en mucha gente más allá de sus años de alta vitalidad. Y esto ocurre tanto en hombres como en mujeres (Kaufman, and Horn, 1996).

La última contribución de Horn al tema aparece en 1997, en una colaboración con Jennie Noll. En esta colaboración resumen su experiencia y visión de la teoría sobre la inteligencia fluida (*Gf*) y cristalizada (*Gc*). Sostienen que tal teoría se ha desarrollado, después de muchos años, como respuesta a muchas evidencias científicas que la confirman. Citan en concreto, como evidencias más importantes:

- 1) una covariación y una organización entre capacidades cognitivas humanas, llamada evidencia estructural;
- 2) un cambio, que se produce con el paso de los años, y va desde la infancia hasta la vejez, llamada evidencia de su desarrollo;
- 3) unas relaciones, con indicadores de funcionamiento fisiológico y neurológico, que se reconocen como evidencias cognitivas;
- 4) unas predicciones de funcionamiento escolar, de niveles educacionales, y de desempeño ocupacional, que refuerzan la evidencia de rendimientos;
- 5) y unas relaciones entre las personas relacionadas biológicamente a distintos niveles, que ensamblan la evidencia hereditaria o genético conductual (Horn, and Noll, 1997).

Existen también estudios sobre lo que se entiende por '*conocimiento del mundo*': Información que acumula la gente a lo largo de toda su vida, y que varía desde cómo cambiar la cámara de una rueda hasta saber quién es el alcalde del pueblo.

Roy Lachman, al que se une en cierto momento Janet Lachman, ha venido dedicándose al estudio del reconocimiento y al recuerdo. A finales de los 70 firman un informe en la *Universidad de Houston*, sobre metamemoria a lo largo de la edad adulta y el recuerdo de información cuidada. Cuentan que trabajaron con 36 adultos, agrupados en tres grupos de edad (19-22, 44-53, 65-74). Las cuestiones a las que les invitaron a responder trataban sobre '*conocimiento del mundo*'. Tras varios tipos de manipulación en la forma de presentar las cuestiones, concluyeron que todos los grupos mostraron capacidad comparable en la recuperación de respuestas de la memoria. Todos demostraron también, sin diferencias de edad, una metamemoria cuidada y eficiente, capaz de devolver información correcta sobre los contenidos que están en reserva. Y en apoyo de lo que estamos tratando, dijeron haber detectado señales sobre la posibilidad de que la sensibilidad metamemorística aumenta con la edad. Dijeron que parecía como que los ancianos de 60 para arriba, recordaban la información sobre el tema propuesto con más eficiencia y cuidado que los grupos de mediana edad, e, incluso, mejor que los veinteañeros (Lachman, Lachman, and Throneberry, 1979).

En la misma línea, nos encontramos con un consumado especialista en gerontología, como es Warner K. Schaie. En 1992 recibió, junto con otros investigadores los '*Awards for Distinguished Scientific Contribution*', otorgados por la APA. Se lo dieron por sus cuantiosas contribuciones empíricas al estudio del desarrollo y evolución de las funciones intelectuales y de todo tipo de capacidades en adultos y ancianos, y por ampliar así el concepto de Psicología del Desarrollo. Dos años más tarde, 1994, resume él mismo, en nueve densas páginas, lo que él llama un programa de investigación que representa los esfuerzos de toda una vida intentando comprender los cambios de las capacidades intelectuales a través de toda la vida adulta. Así más de 35 años evaluando las capacidades mentales con el '*Seattle Longitudinal Study*', en más de 5.000 adultos. Recoge y resume los hallazgos sobre patrones y magnitudes de los cambios que se producen en los adultos con el paso de los años, diferencias en función de cohortes, estructura factorial de las capacidades mentales, cuáles decaen y cuáles y por qué permanecen y se desarrollan con la edad, los antecedentes de las diferencias individuales en las diversas trayectorias de la edad y también, cómo no, las intervenciones diseñadas por él y su equipo de colaboradores, para remediar y mantener, e, incluso, invertir y mejorar los esfuerzos cognitivos en la madurez. En realidad es la conferencia pronunciada en la '*101st Annual Convention of the APA*', con motivo de la entrega de los galardones concedidos el año anterior, y celebrada en Toronto en 1993 (Schaie, 1994).

Schaie, tras 35 años de estudios, muchos de ellos longitudinales y que aún perduran, ha ido constatando, una y otra vez, que muchas funciones cerebrales, que se creían empeoraban forzosamente con la edad, pueden invertir la dirección y conservarse, e, incluso, mejorar, mediante estimulación apropiada. El principio, dice, de '*úsalo o piérdelo*', no sólo se aplica al mantenimiento de la flexibilidad muscular, sino también al mantenimiento de un alto nivel de rendimiento intelectual. Todo esto lo resume en uno de los capítulos del '*Handbook*', que va por su 4ª edición, y del cual es promotor, coautor y coeditor (Schaie, 1996, Birren, Schaie, Abeles, Gatz, and Salthouse, 1996).

También en su obra podemos recoger sugerencias de cómo puede la gente mantener sus capacidades mentales, en la edad avanzada:

- Los factores clave '*incluyen ser mentalmente activos*: La gente instruida que mantiene sus intereses intelectuales tiende a incrementar su inteligencia verbal en la edad avanzada (Gribbin, Schaie and Parham, 1980).
- También es fundamental tener una '*Personalidad Flexible*': Un estudio lineal constató que las personas más capaces de tolerar la ambigüedad y disfrutar de nuevas experiencias en la mediana edad eran los que se mantenían más despiertos mentalmente en la tercera edad (Schaie, 1984).

En apoyo de lo que venimos tratando, podemos citar también que: La evidencia acumulada de que el cerebro humano y la inteligencia humana pueden seguir creciendo durante toda la vida, siempre que ese ser humano viva una vida de experiencias nuevas y estimulantes, parece estar directamente relacionada con los estudios de ratas, ardillas, monos y otros animales, que indican que un entorno enriquecido provoca un crecimiento espectacular del tamaño del cerebro, del tamaño de las células cerebrales individuales, y, por lo menos, de muchos tipos de inteligencia (Willis, and Schaie, 1986).

Citando ejemplos, paralelos a los *entornos empobrecidos* de las ratas, ahora refiriéndonos a sujetos humanos, podemos recoger datos de los últimos libros en los que Schaie actúa como coeditor y colaborador (Zarit, Perlin, and Schaie, 1993), y hablar de:

- *Residencias de ancianos*, a donde se les envía pretextando demencia senil;
- *Hospitales*, donde están como asustados, confusos, si hay medicación;
- *Jubilación*: Con ella se les priva de la estimulación del trabajo y de las relaciones sociales;
- *Viudez*: Que reduce la estimulación y le aparta de los circuitos sociales...

Todos esos casos pueden convertirse en ejemplos humanos de lo que hemos llamado '*Entornos Empobrecidos*', sufridos por las ratas metidas solas en jaulas, privadas de desafíos, cambios, compañeros y demás estímulos sensoriales e intelectuales. Las ratas presentaban atrofia del crecimiento cerebral y embotamiento o retraso en varios exámenes.

Y no está de sobra recordar, también, en estos momentos, los estudios de '*Inversión de Estado*' con:

- *Animales*: Las ratas que habían permanecido 535 días aisladas en '*Entornos Empobrecidos*', respondieron rápidamente a un '*Entorno Enriquecido*', experimentando un crecimiento cerebral equivalente al de las ratas expuestas diariamente a estimulación sensorial enriquecida (Krech, et al., 1966).
- *Humanos*: Estudios en humanos que han presentado un deterioro mental en áreas como el tiempo de reacción, la memoria y la orientación espacial demostraron que cuando los sujetos recibían diversos tipos de enriquecimiento ambiental, como la enseñanza personalizada o la práctica de juegos de ordenador, presentaban inmediatas y significativas mejoras en sus puntuaciones en las pruebas sobre esas funciones mentales (Schaie, and Willis, 1986; Willis, and Schaie, 1988; Garfein, Schaie, and Willis, 1988).

En cuanto a los '*Entornos Enriquecidos*', recordar, igualmente, que cuando los investigadores de Berkeley empezaron a estudiar la relación entre estimulación sensorial (aprendizaje) y crecimiento fisiológico del cerebro, idearon los entornos. Luego se han estudiado '*Entornos Superenriquecidos*' y '*Megaenriquecidos*'. Siempre se confirmaba, el crecimiento. Pero ¿cuánto puede crecer la corteza de una rata? ¿Cuál es el límite? ¿Y el del hombre? No cabe duda que esas investigaciones tienen importantes implicaciones para los seres humanos. Sabemos que los factores ambientales son enormemente importantes en el desarrollo cerebral. Por ejemplo, el profesor Samuel A. Kirk, que está dedicando toda su labor de investigación, en las universidades donde ha trabajado, a los problemas de los retrasados mentales y a los niños con serias dificultades de aprendizaje, llegó a afirmar, hace ya muchos años, que con un determinado tamaño cerebral al nacer, la inteligencia de una persona puede variar hasta 40 puntos de CI, a resultas de diferentes entornos (Kirk, 1952). Es decir, en línea con lo dicho en este capítulo, si se les da a los niños, mentalmente retrasados desde el nacimiento, o con CI bajos, un máximo de oportunidades educativas, con experiencias vitales o educativas estimulantes, desde la edad para ellos crítica de los tres, cuatro y cinco años, se les podrá también mejorar de forma notable, como viene siendo demostrado que ocurre con adultos de CI bajos, *retrasados* desde el nacimiento, que si se les administraban experiencias vitales o educativas estimulantes, podían *superar* su bajo CI y alcanzar una inteligencia media o superior a la media (Kirk, 1982a; 1982b).

2.1.3.5. EL CULTIVO DE NEURONAS: ÚLTIMOS ESTUDIO.

Los últimos estudios realizados en torno al tema de la regeneración nos llevan a sostener ya, en contra de las verdades incuestionables que se han venido manteniendo hasta ahora, que respecto a:

- las *neuronas*, hoy se puede hablar ya de que en condiciones adecuadas pueden realmente regenerarse; y que
- el *cerebro*, con estimulación adecuada, puede curarse a sí mismo y sustituir células perdidas.

Los estudios que han hecho posible el cultivo de neuronas, cultivo que abre todo un mundo de posibilidades, se deben primordialmente a Solomon Snyder, neurólogo, que lo anuncia en la revista *Science* en 1990. Trabaja en la *Universidad Johns Hopkins*. Su equipo se encuentra un buen día con un *hallazgo* sorprendente. Hacia tiempo que venían cultivando y tratando de *reproducir 'in vitro'*, bajo rigurosos controles de laboratorio, neuronas humanas. Consiguieron mantener un cultivo de neuronas humanas desde 1987. Después de tres años, esas neuronas extraídas del neocórtex, continuaban vivas y creciendo, ramificándose y multiplicándose.

Y otro *hallazgo*: Las Neuronas cultivadas se reproducían por mitosis, o sea, por división de la célula madre en dos células idénticas y parecidas a la célula original. Se suponía hasta ahora que las neuronas del sistema nervioso central no se reproducían.

Cuentan el *procedimiento* seguido: Consiguieron unas muestras del córtex seccionado en una operación de Megaencefalitis Lateral Izquierda, provocada por multiplicación desordenada de células inmaduras, de una niña de 18 meses. Las colocaron en cultivo. Tras 21 días todas las neuronas habían muerto, excepto dos núcleos, que estaban vivos y empezaban a multiplicarse produciendo otros núcleos o células inmaduras.

Al experimentar con diversas sustancias añadidas al líquido nutritivo, consiguieron preparar una compleja mixtura que transformaba las células inmaduras en neuronas maduras. Las sustancias de la mixtura fueron: Un *catalizador* (*Isobutil-3-metil xantina o IBMX*), un *segundo mensajero* (*AMP Cíclico*) y el famoso *NGF* (*Nerve Growth Factor*), de Levi-Montalcini.

Y vienen las *comprobaciones*:

- Tras la aplicación de las sustancias, se constató, *con estupor*, que no sólo las neuronas que se observaban eran neuronas maduras sino que continuaban dividiéndose, aunque a un ritmo más lento.
- Las neuronas fabricaban neurotransmisores propios.
- Los neurotransmisores reproducidos eran todos del tipo de la zona cerebral de donde se habían extraído: El Ácido Amino-Butírico (*GABA*), Colescistoquinina 8 (*CCK-8*), Glutamato, Somatostatina (*SST*), y el Polipéptido Intestinal Vasoactivo (*PIV*). No se encontró ninguna Catecolamina (NorAdrenalina o Dopamina), ni Acetilcolina o Serotonina, neurotransmisores que son segregados normalmente por células situadas en estructuras profundas del cerebro.

Las comprobaciones enumeradas repercutieron en muchos laboratorios. Las *perspectivas* se ampliaban. A medio plazo esas neuronas cultivadas *'in vitro'* se previó que

ayudarían a la comprensión del funcionamiento del cerebro humano. Se podrán registrar, en neuronas aisladas su actividad tanto eléctrica como química y su reacción a diversas sustancias químicas. Cuando su proceso de reproducción sea comprendido y controlado constituirán una firme esperanza para vencer el deterioro cerebral, y podrán ser utilizadas, incluso, en transplantes.

2.1.4. CONTEXTO HISTÓRICO-INVESTIGATIVO Y 'MÁQUINAS DE LA MENTE'

2.1.4.1. Contexto Histórico-Investigativo

Se ha escogido la explicación de este proceso experimental, porque resulta modelico en muchos aspectos. Es interesante cómo surgen las primeras ideas y cómo se van desarrollando. Igualmente es modelico cómo se van integrando los diversos componentes, hasta formar un auténtico equipo multidisciplinar, que trabaja en equipo, con constancia, apertura a críticas, y lucha por llegar hasta el final de los objetivos propuestos. La investigación, en si misma, era en aquella época muy oportuna, y las conclusiones a las que llegan fueron sumamente esclarecedoras y sobre todo enormemente sugerentes.

Las principales investigaciones que se reseñan en este capítulo, se desarrollan entre los años 50-80. El equipo de Berkeley termina sus principales investigaciones con la década de los 60. Los investigadores del grupo inicial siguen investigando en el mismo grupo y con otros colaboradores. Las participaciones en libros y revistas, de los que no se han jubilado o muerto, aún perdura. Se reseñan, también, investigaciones posteriores, y muchas de ellas se inspiran en las realizadas en Berkeley, y que siguen las líneas de investigación abiertas o sugeridas por tales investigaciones (Rosenzweig, Bennet, and Diamond, 1967; Rosenzweig, Krech, Bennet, and Diamond, 1968; Rosenzweig, Bennet, and Diamond, 1972).

A comienzo de los años 80 (Diamond, et al., 1981, Rosenzweig, 1984), los resultados se afianzan. Las actitudes iniciales de rechazo dan paso al asombro, primero, y al respeto y a la consolidación, después. Las conclusiones van surgiendo, y esto suscita nuevas investigaciones y aplicaciones variadas. Científicamente considerado, el tema del '*Crecimiento Cerebral*' parece que queda sólidamente demostrado. Los *informes científicos* concretos aparecen publicados en revistas prestigiosas. Sus autores son todos ellos contrastados especialistas. Sus afiliaciones, de las más prestigiosas, también. En sus experimentos han manejado lo que se llamó '*entornos enriquecidos*', con diversas variedades y formas, dato que nos interesa muy especialmente, y por eso se citan.

Hoy en día se sabe y admite cómo una adecuada estimulación del cerebro, no ya tan sólo con entornos enriquecidos, sino con otros tipos de estimulación, como la eléctrica y/o electromagnética, puede incrementar la riqueza del tejido neuronal, multiplicando sus conexiones, el tamaño de las neuronas y, en suma, el grosor del córtex. Asimismo, aumentan los niveles de ciertas sustancias neuroquímicas de importancia clave en el cerebro. Las conclusiones a las que se llegan, son, hasta este momento, contundentes y coincidentes. Pero no podemos olvidar que sus experimentos y sus análisis se han llevado a cabo con ratas y con cerebros de ratas. Pero cabe preguntarse, tras las últimas investigaciones sobre el tema: Si tan sólo una breve estimulación, eléctrica, electromagnética, o de experiencia, puede producir un cambio estructural significativo en ratas, ¿se puede pensar que el hombre, con corteza mucho mayor, más sensible, y más potente, podrá responder de la misma forma ante estimulación o desafíos, o complejidad, es decir, ante '*entornos enriquecidos*', sean de la naturaleza que sean, con cambios estructurales significativos, o sea, con crecimiento de la corteza? La respuesta

afirmativa supondría la posibilidad de conseguir mejoras del funcionamiento de la corteza, que se traduciría en incrementos de la Inteligencia, de la creatividad y de las otras facultades superiores que residen en la corteza. David Krech profetizaba en una entrevista por los años 1978: "Preveo un día en que tengamos los medios, y por tanto, inevitablemente, la tentación, de manipular el comportamiento y el funcionamiento intelectual de toda clase de gente mediante la manipulación ambiental y bioquímica del cerebro". La generalización de los '*entornos enriquecidos*' a los humanos no se presenta como tarea fácil. La experiencia le hace a uno suponer que no serían muchos los humanos que accederían a estar confinados durante largos periodos de tiempo en entornos controlados, por muy enriquecidos y atractivos que éstos fueran.

Pero hay indicios que alientan la esperanza de que tal generalización se haga un día realidad, *a voluntad*, dado que parece que se produce ya ese fenómeno, de forma casi natural, de exposición a '*entornos enriquecidos*', con sus correspondientes efectos. Los análisis realizados por Marian C. Diamond, en trozos de cerebros conservados de personajes ya muertos y que demostraron poseer mentes poderosas, parece que animan a intentar generalizar esos resultados a los humanos.

2.1.4.2. Las '*Máquinas de la Mente*'

Como queda ya insinuado en el texto, cabe la posibilidad de que se puedan utilizar máquinas/aparatos, diseñados por científicos, que suministren al neocórtex estímulos y experiencias nuevas. Igualmente cabe pensar que una ejercitación mediante autoobservación, autotransformación y aprendizaje podría recrear un '*entorno enriquecido*' para los humanos, equivalente a los '*entornos enriquecidos*' de las ratas de laboratorio. Concedida esta posibilidad, enfocamos el tema de las *Máquinas de la Mente*, *Máquinas de la Felicidad*, etc. No podemos pasar por alto ciertas coincidencias. Estas máquinas aparecen en el mercado a principios de los años 80, cuando estos temas de la posibilidad del crecimiento cerebral, está muy vivo en el ambiente. En todos los folletos de divulgación de estos aparatos, este tema del crecimiento cerebral y el de la consiguiente mejora del CI, aparece siempre citado. Y en la propaganda que precede y acompaña a la venta de dichos aparatos se afirma que el *uso continuado*, y en su programa apropiado, provoca dicho crecimiento cerebral. Pero no dicen ni cómo ni por qué. Simplemente justifican ese crecimiento asegurando que dichas máquinas, con su '*baile de luces y sonidos*', recrean un auténtico '*entorno enriquecido*'. Y aseguran que esos entornos recreados son más ricos, más variados y más eficaces que los creados por Rosenzweig y sus colegas con ratas y otros animales. Pero considero que esto es asegurar demasiado. De momento, y científicamente hablando, nada de eso puede decirse que se haya comprobado aún con humanos. Y mucho menos se ha demostrado que las máquinas Megabrain, sean capaces de producir tales efectos.

Para el científico experimental, lo que no se publica, es como si no existiera. Y lamentablemente, con dichas máquinas Megabrain, la experimentación llevada a cabo, es poca, y muy poco fiable. En lo publicado, es cierto, aparecen unos ciertos datos, o indicios, que parece que apuntan en la dirección de la propaganda, y que algunos son coincidentes. Pero aún son meros atisbos muchos de ellos. Es muy prematuro aún lanzar afirmaciones que tocan la validez, tanto interna como externa de esos datos y/o indicios.

Se necesita mucha más investigación auténtica e independiente de los intereses comerciales de dichos aparatos. Y este tipo de investigación no se concibe que sea muy fácil y factible. Se afirma esto porque, dada la complejidad del tema y las exigencias de comprobación que esto conlleva, supone que el uso de dichos aparatos, con esas finalidades, requieren

equipos multidisciplinarios de investigación, e instrumental de captación y registro de respuestas psicofisiológicas, altamente complicados y difíciles de reunir y manejar. Y no se diga nada de la financiación. Y se reafirma esa necesidad, porque este tipo de investigación no existe aún. Es cierto que se están formando equipos de esas características. Los primeros apuntes de *resultados previos*, son alentadores y parece que apuntan en la dirección de la propaganda, pero sus *resultados definitivos* están aún por ver.

Nada se puede sustentar en suposiciones y menos la propaganda de unos aparatos/máquinas que producen supuestos efectos..., a no ser para animar a los diseñadores a trabajar en nuevos modelos mejorados de '*Máquinas de la Mente*'. Y algunos de esos diseñadores no parece que estén muy abiertos a la crítica sana y seria. De alguno se puede decir que más bien se nos aparece, en su porte, en sus expresiones y en sus palabras, como una especie de profeta menor, llegado a este mundo para iluminar al ignorante mundo de los investigadores.

2.2. EL CEREBRO ELECTRÓNICO: LA BIOELECTRICIDAD

2.2.1. INTRODUCCIÓN

El cerebro, nuestro cerebro, es un órgano del que se puede decir con propiedad que está alimentado eléctricamente y es, a su vez, generador de electricidad: Es capaz de producir y transmitir sus propios y peculiares impulsos eléctricos.

Este enunciado, tan rotundo y tan sencillo, ha requerido mucha investigación y es la base de un hecho incontestable: la *bioelectricidad*.

Con frecuencia se oye hablar, y se lee, que nuestro cerebro es, y funciona como un ordenador. Pero ésta es una imagen muy poco afortunada. Más bien es bastante pobre. La estimación actual de los neurocientíficos más prestigiosos señala que nuestro cerebro consta de unos *100 billones de neuronas*. Hoy se saben muchas cosas de las neuronas. Una de ellas es que cada neurona es tan compleja, ella sola, como un pequeño ordenador, y que es capaz de producir y transmitir impulsos eléctricos a otras neuronas. La dirección de esos impulsos es clara: transmite los impulsos a través de las neuritas hasta las sinapsis o empalmes con otras neuronas. Al llegar a la sinapsis, cogen el testigo del mensaje, los mensajeros químicos, llamados neurotransmisores, traspasan las membranas sinápticas y entregan sus mensajes a los receptores de las células siguientes. Estas neuronas, recibido el mensaje, generan su propio impulso eléctrico y repiten la operación, hacia las neuronas con las que están conectadas. Esta es una explicación simple e individual. Pero hay que pensar que cada neurona está conectada a miles de neuronas que, a su vez, funcionan de la misma manera: recibiendo y enviando impulsos eléctricos. Una insignificante señal puede alcanzar y alterar eléctricamente, y eso en un instante, a millones de neuronas. El entramado eléctrico que componen las neuronas de nuestro cerebro es de tal complejidad que podemos deducir que billones de impulsos electromagnéticos vuelan en todas direcciones.

Además, el tema se complica aún más, pues junto a las neuronas, y sirviendo como de colchón, el cerebro contiene las *células glia*, que se calcula que son *diez veces más numerosas* que las neuronas.

Hoy se conocen ya algunas de las funciones, *importantísimas*, de las células glías: Son eléctricamente sensibles y actúan a la manera de los cristales líquidos, resonando en armonía con los campos eléctricos circundantes. Algunos científicos apuntan que trabajan a modo de semiconductores especiales: recogen débiles impulsos eléctricos del entorno y los amplifican, cien, quinientas, mil veces, o las que hagan falta. Para entenderlo, podemos recordar la función de los transistores en nuestros circuitos electrónicos. Las señales, ya amplificadas, serán captadas por las neuronas que vibran en la misma frecuencia de onda.

Lo más normal es que actúen conjuntamente entre ellas, en redes de miles o millones de células, zumbando y vibrando simultáneamente con la señal eléctrica individual transmitida por las células nerviosas.

2.2.2. BREVE RESEÑA HISTÓRICA

2.2.2.1. Antiguas Culturas: Los Peces Eléctricos

El hecho de la bioelectricidad ha sido insinuado ya desde antiguo. Sin saber cómo, ni por qué, se supone, los antiguos egipcios ya utilizaban una forma de estimulación eléctrica muy ecológica. Se valían del *bagro eléctrico* del Nilo, el *PEZ GATO* (*Malopterus electricus*), para

aplicar descargas eléctricas en casos de ciertas enfermedades. Así se interpretan ciertos relieves de las tumbas encontradas.

Ya más cercano, hace casi 2.000 años, un médico griego, Scribonius Largus, (46 d.C.), prescribía, como remedio eficaz contra ciertos dolores, como la gota, lo que se llamó el '*tratamiento costero*'. Consistía en hacerse con un pez torpedo y con un pie en la arena mojada y otro en el pez, recibir la descarga eléctrica del anfibio. Esto aliviaba, aseguraban, el malestar.

En ciertas culturas primitivas se acude a las anguilas y otros peces con propiedades eléctricas parecidas, para aliviar el dolor.

En 1.600, *William Gilbert* define la electricidad, en su libro '*A new Physiology*'.

2.2.2.2. Siglo XIX: La Electroterapia

En este siglo, y ya desde mucho antes, se sabía que el músculo de rana se contraía cuando se estimulaba eléctricamente (Volta, 1800; Galvani, 1791; Dubois-Reymond, 1848).

Con el estudio de la Electricidad, aparecen los primeros "*aparatos de electroterapia*". Se hacen muy populares. Unos generaban suaves corrientes alternas, otros continuas. El funcionamiento era simple: Se aplicaba al paciente un suave calambrazo. Gracias a este remedio hubo gentes que vieron aliviadas sus dolencias de epilepsia, debilidad nerviosa, reuma, diabetes, impotencia, neuralgia, etc. La literatura recoge el sentir popular que atribuía a la electricidad un poder místico. Se dijo de ella que era la '*chispa de la vida*'. En este contexto, se puede comprender el éxito de Mary Shelley con su '*Frankenstein*'.

Por esos mismos años también se empieza a hablar de la electricidad desde otra perspectiva distinta a la terapéutica. Se corría la voz de que mediante la estimulación eléctrica se provocaban estados de trance, euforia, imágenes mentales, estados de conciencia elevados, etc. En 1902, *Leuda* habla de un concepto que tendrá luego mucho éxito: el de '*estimulación cerebral*' mediante electricidad.

Los clásicos experimentos de Galvani, realizados en el siglo XVIII, que se repetían todos los años en cientos de laboratorios de enseñanza de Fisiología, demuestran que un proceso vital, la contracción muscular, puede producirse a voluntad del investigador tantas veces como se aplique la electricidad al tejido.

Pero para mal de la electroterapia y de la electromedicina, que empieza por entonces a enseñarse en muchas Universidades, hace acto de presencia '*El Charlatán de Feria*'. Pretendieron hasta vender aceite de serpiente eléctrica, especie de jarabe del que se aseguraba que valía para casi todo. Un número casi obligado en las compañías de teatro ambulante era la demostración de '*curaciones galvánicas*', y las '*hipnotizaciones voltaicas*'.

El uso de la electricidad con fines terapéuticos se descontrola. Los aparatos aumentaron su potencia y con ella variaban la forma y frecuencia de las ondas. Así, de ser casi un simple pasatiempo curioso, se convirtieron en un auténtico peligro. Fueron inevitables los casos de electrocutados, chamuscados, y conmocionados. A pesar de todo, al final del siglo XIX, los dispositivos electromédicos eran tan corrientes como las que entonces se llamaban de forma genérica las drogas en la práctica médica.

2.2.3. MEDICINA QUÍMICA vs. MEDICINA FÍSICA: 'INFORME FLEXNER'

En EE.UU. la amenaza representada por la nueva tecnología conmocionó a las Instituciones Médicas y Farmacéuticas. La gente creía poder aliviar su dolor sin drogas o sin intervención médica. Esto era ya tremendamente peligroso. La '*Electroterapia*' es investigada

por una *Comisión 'ad hoc'*. En 1910, aparece el '*Informe FLEXNER*'. Este informe representó la condena de la Electromedicina por ser '*acientífica e infundada*'. La Propuesta de la Comisión fue tajante: Supresión de la electromedicina de la Educación Médica. En consecuencia, se van suprimiendo las especialidades en electromedicina. También se fueron retirando de los mercados los dispositivos eléctricos, algunos de ellos tan populares como el '*Cinturón Eléctrico*'.

Con el '*Informe FLEXNER*' queda dilucidada una sorda batalla que venía enfrentando a la Medicina Química con la Medicina Física. Suprimida, de momento, la Electro-Física de la Medicina, quedaba la Química como clave de curación de todas las enfermedades humanas. Como consecuencia, además, toda la financiación oficial desde entonces tuvo una orientación clara.

2.2.4. LA INVESTIGACIÓN MÉDICA: OFICIAL Y NO OFICIAL

Pero a pesar de que la '*AMA*', y los médicos de la corriente principal, rechazaron el empleo de la estimulación eléctrica en su práctica terapéutica, una parte muy activa y seria, como cabría suponer, aunque minoritaria, siguió intrigada e interesada en la investigación de los efectos fisiológicos y psicológicos de la electricidad. Pero tienen que trabajar sin financiación oficial.

Pero un hecho conmocionó a los investigadores: el descubrimiento de la actividad eléctrica del cerebro. A finales de los años 20, logran detectar y registrar la actividad eléctrica de ciertas zonas del cerebro. Surge el *EEG*, como fruto de la colocación de electrodos en el cráneo. Pronto descubren que los *EEGs* proporcionan cierta información sobre fenómenos cerebrales como la atención, el sueño, la excitación, la somnolencia. Pero en esos momentos la información les resultaba enloquecedoramente indescifrable.

2.2.5. LA ESTIMULACIÓN ELÉCTRICA DEL CEREBRO

2.2.5.1. Años 20-50: Los Pioneros y la Estimulación Invasiva

El principal problema con que se encuentran los investigadores es la pobre o nula tecnología a su alcance. Los electrodos, en un principio, se colocaban en el cuero cabelludo. El grueso hueso del cráneo resultaba una barrera infranqueable. Su labor se parecía un poco a la de los sismólogos. Colocaban los electrodos, registraban los efectos y, a partir de aquí, trataban de inferir qué actividad cerebral se estaba desarrollando (Brazier, 1960).

Y pronto surge la solución: Si el *EEG*, desde el exterior del cráneo no facilitaba la información necesaria, entonces los científicos tendrían que taladrar el cráneo e implantar los electrodos directamente en el tejido cerebral.

2.2.5.1.1. Walter Hess: Nuevas Técnicas y Primeros Descubrimientos

Walter R. Hess, fisiólogo suizo, de Zurich, y premio Nobel en 1949 en Medicina y Fisiología, dio el primer paso, en 1924, y profundizó en el cerebro. Trabajó con gatos, a quienes insertaba en el tronco encefálico, mediante operación, electrodos tan finos como

capilares. Con él surgen *Nuevas Técnicas y los Primeros Descubrimientos*.

Hacia años que unos científicos alemanes, Gustav Theodor Fritsch y Eduard Hitzig, comenzaron a experimentar con perros anestesiados y con sus cerebros expuestos. La anestesia bloqueaba el dolor, pero también bloqueaba parte de las funciones más importantes del sistema nervioso. Bajo el sueño desaparecían, además, las emociones, la conciencia y el comportamiento libre. Esto último parece que no les importaba mucho. Durante años y años, tanto las funciones mentales y como el comportamiento se consideraron como algo ajeno a la Fisiología. Emplearon la técnica de una débil estimulación eléctrica de diversas zonas de la región frontal de los hemisferios. Con enormes dificultades fueron descubriendo las zonas motoras, las sensoriales, y otras más alejadas como el área visual, la auditiva. En 1870 *comunicaron* que la estimulación eléctrica de una región de uno de los hemisferios cerebrales de un perro provocaba la contracción de músculos en el lado opuesto del cuerpo del perro.

Con estos antecedentes, el próximo paso significativo lo da W.R. Hess, (*decenios 1920-1940*), quien en 1932 empieza ya a comunicar un descubrimiento metodológico importante para el estudio del cerebro en animales despiertos. Consistía la nueva técnica en implantar alambres muy finos y huecos en el cerebro del gato y dejárselos allí implantados, sujetos a un terminal fijo sobre el cuero cabelludo. La operación se hacía bajo anestesia, pero en días sucesivos, cuando desaparecían los efectos de la droga, y curados de la operación, los animales permanecían bien despiertos, y se comportaban relativamente libres y normales. Luego les enchufaban cables flexibles colgados del techo y eran estimulados eléctricamente a través de esos largos cables de conexión. Toda esta técnica era algo muy nuevo. Por eso se le considera el *Padre de esta Técnica*, que se complementaría con los adelantos de la cirugía y los instrumentos electrónicos, como los amplificadores en forma de oscilógrafos y electroencefalógrafos (Delgado, 1980).

En una primera serie de experimentos, se valió de los capilares implantados para inyectar sustancias químicas en la zona del hipotálamo. Descubre que esto producía cambios extraordinarios en la conducta de los animales. Creyó descubrir, también, el centro de las emociones.

En una segunda serie implantó, como electrodos, cables finisimos, pero rígidos, completamente aislados, menos en la punta. Y estimulaba con una corriente eléctrica muy débil la zona del hipotálamo. Los cambios que observó, tal como cuenta Hess, fueron aún más espectaculares que los encontrados con la estimulación química. Estimulando un punto observó que el gato mostraba miedo, como si se sintiera amenazado por un perro: Bufaba, escupía, gruñía, dilataba sus pupilas, agachaba las orejas o las movía hacia atrás o hacia adelante como queriendo asustar a su inexistente enemigo.

La estimulación de otros puntos, a milímetros de distancia alteraba su ritmo respiratorio y la presión sanguínea, y le hacía comer, beber, vomitar, le excitaba sexualmente o le hacía dormir...

Descubrió así Hess, algunas de las funciones del hipotálamo, considerado más tarde como el *Cerebro dentro del Cerebro*, ya que, por lo que hoy ya se sabe, regula todo el *Sistema Nervioso Autónomo*, y por tanto, funciones internas del cuerpo como la temperatura, el equilibrio químico, los apetitos, las emociones...

Esto ocurría por los años 20-30. Hess aportaba evidencias en 1932. Pero, a pesar de que ahora se ven tan claras, éstas no se aceptaron. Decía Hess que los gatos sentían ira, pero le replicaron que eso era imposible. La estimulación podría provocar, todo lo más, movimientos físicos, nunca emociones. Estas tienen que ser otra cosa, algo más privado, más íntimo, propio exclusivamente del alma, requiere '*spiritus vitales*'. La hipótesis que implícitamente planteaba Hess de que las emociones tenían asientos específicos en el cerebro, le respondieron, resultaba un poco ingenua. La Anatomía medieval y la Frenología decían otra cosa.

Por tanto, los entendidos *dictaminaron* que lo que se producía con esa estimulación

cerebral era únicamente ira o miedo '*simulados*', '*aparentes*', no la emoción en sí, sino, sencillamente, algunas de sus manifestaciones... (Ramey, y O'Doherty, 1960; Sheer, 1961).

A pesar de todas las dificultades y pegas, desde entonces, para muchos investigadores, quedaron muy claros varios hechos experimentales:

1. El funcionamiento eléctrico del cerebro y la posibilidad de estimularlo eléctricamente.
2. La estimulación eléctrica de la corteza cerebral puede producir movimientos.
3. La estimulación de ciertas zonas del diencefalo, en gatos sin anestesiar, produce efectos motores y reacciones emotivas bien organizadas.

2.2.5.1.2. Nuevas confirmaciones

Pero, como cabe suponer, no todo fueron negativas ante las evidencias aportadas por Hess. Con las premisas anteriores, muy bien establecidas ya para algunos, se realizaron otros experimentos en esa misma línea de investigación, y, como fruto de ellos, se aportaron nuevas confirmaciones.

G. Moruzzi y H.W. Magoun, y colaboradores (1949), en la *Northwestern University*, utilizando la técnica de Hess, estudiaron la región conocida como *Sistema Reticular*, en la parte inferior del mesencéfalo. Descubrieron que el Sistema Reticular está muy relacionado con el estado de alerta del organismo y con los matices de conducta que definen la frontera vigil y la inconsciencia del sueño.

James W. Papez, ya en 1937, en la *Cornell University*, había sugerido que el rinencéfalo o cerebro olfatorio, por creerse que se conectaba con el olfato, podría controlar la experiencia y el comportamiento emocional. Llegó a esta conclusión al observar que la rabia o hidrofobia, que produce un trastorno emocional profundo, parecía atacar a partes del rinencéfalo.

Y esto es todo lo que se conocía del cerebro profundo: Ciertas áreas estaban implicadas en varias clases de comportamientos emocionales, pero, para muchos, los testimonios eran aún más bien generales y especulativos.

La opinión prevalente en esos años era que en ciertas emociones básicas como el dolor, el placer, etc., se hallaba implicado todo el cerebro.

2.2.5.2. Años 50-60: '*Avances Tecnológicos*' y '*Centros del Placer*'/'Dolor'

Esta década representa el umbral de aplicaciones completamente nuevas, mediante implantaciones permanentes en los cerebros de los sujetos experimentales. Se llega también a saber que el cerebro, a diferencia de cualquier otra parte de nuestro cuerpo carece de receptores del tacto y del dolor. No puede sentir lo que se hace en él. Una vez que el cirujano ha seccionado una parte del cráneo, y parte de la capa externa del cerebro, bajo anestesia, puede explorar a placer la masa gelatinosa de color gris rosáceo: por muy despierto y consciente que se encuentre el paciente, no lo sentirá. Como tampoco podrá sentir un objeto extraño colocado en medio de sus células cerebrales. El saber esto, considerado desde varios puntos de vista, representa dar un paso importante. Y no es el menor, el ético.

Los experimentos, en esta etapa, se empezaron a hacer con animales experimentales: monos, ratas... Los objetos implantados, gracias a Hess, pueden permanecer en el cerebro

durante meses, incluso años. La técnica de electrodos implantados se perfeccionó durante este decenio 50-60. Se utilizan materiales inertes como oro, platino, acero inoxidable, aislados con teflón. Se reduce su tamaño. Aumentan, gracias a ello, el número de contactos intracraneales, y pueden permanecer implantados en el cerebro indefinidamente, sin daño apreciable. En algunos chimpancés se implantaban hasta cien contactos cerebrales sin que se produjera ninguna perturbación apreciable neurofisiológica ni del comportamiento. Algunos de los monos tuvieron los electrodos implantados durante unos 4 años. Les fijaban al hueso del cráneo la cápsula-enchufe con cemento de dentista. Los animales se olvidaban pronto de ella y tan tranquilos.

Un caso paradigmático es el de los chimpancés *Paddy* y *Carlos*, en la *Universidad de Yale*. Vivieron durante años con 100 electrodos implantados en la zona de las amígdalas, pequeños manojos de nervios del *Sistema Límbico*, situados a ambos lados del cerebro. A pesar del número masivo de electrodos no se observaron trastornos, y después de dos años gozaban de excelente salud (Delgado, 1980).

'Esta técnica se ha usado para la estimulación eléctrica del cerebro en miles de animales en muchos laboratorios de todo el mundo, por lo que consiguen una gran experiencia acerca de su eficacia, precisión y seguridad. Poco a poco, para muchos, desaparecen los temores de que la introducción de hilos dentro del cerebro fuese técnicamente difícil, peligrosa para el sujeto o perturbadora de las funciones normales' (Delgado, 1980, p.104, 1952a; 1961). En ratas, gatos, y monos aislados, la estimulación eléctrica del cerebro produce o inhibe los fenómenos de aprendizaje, condicionamiento, respuestas instrumentales, miedo y placer (Delgado, Roberts, and Miller, 1954; Olds, and Milner, 1954). Los fenómenos psicológicos pueden controlarse mediante la estimulación eléctrica de zonas específicas del cerebro.

La combinación de varios avances tecnológicos, con buenos equipos de investigadores, permite a los científicos desentrañar cómo se produce el paso del mensaje de una célula a otra y cómo interferirlo.

Pero hay que reconocer que los agentes provocadores de estos estudios son, por desgracia, las secuelas de las guerras, o las enfermedades graves.

A) La Guerra

La guerra, su preparación y, sobre todo, sus secuelas, impulsan el desarrollo tecnológico en todos los campos. Los avances tecnológicos facilitan el estudio. Las guerras provocan en las personas, soldados o no, lesiones de todo tipo y, cómo no, también muchas lesiones cerebrales. Estas últimas afectan, de una forma u otra, a la conducta en general, a la vista, al habla, al movimiento... Y urge aliviar esos daños.

B) Las Enfermedades

Los trastornos cerebrales son los que en este caso influyen muy especialmente como agentes disparadores de los avances tecnológicos. Por estos años, se seccionan cerebros de animales, se congelan, se queman ciertas zonas, se extraen líquidos, se inyectan productos químicos, etc. Y se observa lo que ocurre. Los resultados, con animales, marcan las pautas a seguir con las personas, aunque aún nadie se atrevía a dar el salto a experimentar con cerebros de personas.

2.2.5.2.1. Implantación invasiva de Electroodos en Animales

En una primera etapa, la implantación de electrodos se usó sólo con animales de laboratorio, tales como ratas, gatos y monos. Incluso, algún equipo trabajó con grillos, gallos y delfines, y hasta con toros bravos (Delgado, 1980).

Estas investigaciones ayudaron a conocer profundamente el sistema nervioso central. El animal más empleado, por su tamaño, prolificación y baratura, ha sido y sigue siendo la rata. Pero su repertorio de actividades complejas resultaba pobre con relación a monos y hombre. Y cuando se quieren investigar, funciones psicológicas elevadas del cerebro, como comunicación verbal, ningún animal puede suplir al hombre (Delgado, 1980).

Pero surge la ocasión. Ante accidentes traumáticos, tumores o enfermedades, se consideró necesario explorar zonas cerebrales, estimular, extirpar, etc., para poder dirigir las intervenciones quirúrgicas. En algunos casos se requería la participación consciente del paciente, como cuando se quiso saber, si mediante estimulación eléctrica de un punto cortical, aparecía el aura típica de los temibles ataques epilépticos.

Este tipo de intervenciones exigía poner el cerebro al descubierto, bajo anestesia local, y estimular así zonas del cerebro para estudiar las respuestas psicológicas y el comportamiento de sujetos completamente despiertos. Es así como Penfield, en *Montreal*, y otros cirujanos en otros muchos lugares, realizaron importantes estudios con y en sujetos enfermos.

Pero la técnica tenía enormes dificultades. El cerebro expuesto estaba sometido a posibles traumas térmicos, mecánicos y químicos. Además, identificaban las zonas, por inspección visual, no siempre certera. Por otra parte, los sujetos estaban expuestos a tensiones físicas y psicológicas de imprevisibles consecuencias. Por eso, para evitar esas dificultades se empezaron a implantar electrodos. Ya se había adquirido mucha experiencia con animales: Por eso algunos equipos de investigadores propusieron el uso de esta metodología en pacientes humanos, claro que con fines exclusivamente diagnósticos y terapéuticos. La experiencia clínica había confirmado ya los riesgos mínimos y la utilidad de la implantación de electrodos.

En general, la técnica se puede explicar diciendo que se colocaban, en la superficie y en la profundidad del cerebro, varios haces de finos electrodos, con un total de veinte a cuarenta contactos. Los conectores salían a través del cráneo y de la piel. Quedaban protegidos y disimulados por un vendaje o especie de gorro. Se dieron casos de pacientes que permanecieron con los implantes hasta dos años.

Estas implantaciones crónicas permitieron realizar detalladas exploraciones diagnósticas sin límite de tiempo. Y se llegó a trabajar muy pronto con los primeros programas informatizados y mandos a distancia.

Algunos investigadores gustaban de utilizar, además de los implantes y la estimulación, entrevistas con el enfermo para obtener suministro continuo de datos verbales y del comportamiento, mientras se registraba la actividad eléctrica de ciertas zonas que se estimulaban eléctricamente a tiempos programados por el ordenador. Así se fue acumulando mucha y valiosa información sobre correlaciones psicofisiológicas.

Hoy se ha llegado a equipar a animales, o a pacientes humanos, con diminutos *estimoceptores*, aparatos para enviar y recibir por radio mensajes electrónicos. La comunicación con el laboratorio puede ser así continua. En los animales se fija al cerebro, en la forma ya explicada. En humanos, bajo un vendaje de cabeza, se conecta a los electrodos, ya implantados. Esto da al enfermo gran libertad de movimientos y a los investigadores unas posibilidades inmensas. Delgado (1980), habla y sueña con un futuro en el cual un gran ordenador controle a gran número de enfermos, recoja sus informes, los procese y hasta envíe el correspondiente estímulo o remedio a través del *estimoceptor*. Este excitará o inhibirá las zonas ya programadas. Experimentos de este tipo se iniciaron con el famoso chimpancé *Paddy*, dirigidos por Delgado y la colaboración de Johnston, Wallace y Braddey, en 1969. Lo último

ha sido implantar el estimulador subcutáneamente y dejárselo allí. Los sujetos experimentales en este último caso fueron las monas *Nona* y *Suzi* (1969). Parece ser que la instrumentación subcutánea es eficiente, segura y bien tolerada. Lograron así vencer los problemas técnicos de estimular cualquier zona deseada del cerebro. Con estos experimentos, así instrumentados, creen haber multiplicado las posibilidades científicas y terapéuticas de la estimulación cerebral y aumentado considerablemente la comodidad de los sujetos.

El próximo paso se prevé será instalar pequeños ordenadores dentro del cerebro de animales y sobre todo, humanos enfermos, y lanzarse al control eléctrico del cerebro. Van tras la identificación de los códigos del pensamiento, de las emociones... Saben que con estimulación eléctrica pueden inducir gran variedad de respuestas, desde efectos motores hasta reacciones emotivas y manifestaciones intelectuales.

"El conocimiento electrónico y la microminiaturización han progresado tanto, dice Delgado (1980), que los límites del control físico de las funciones cerebrales parecen ser más biológicos que tecnológicos" (p.118). Esto lo decía hace casi más de 20 años y ahora, 20 años son muchos años, si hablamos de progreso tecnológico. Y a partir de aquí las preguntas que se pueden hacer son numerosas y plantean cantidad de problemas.

Estos estudios experimentales del cerebro exigen y suponen una tecnología cada día más sofisticada. En estos años 50-60, se produce una favorable combinación de varios factores que permite a los científicos entender cómo se produce el paso de mensajes de una célula a otra y cómo interferirlos. Esos avances son:

1. La *Microminiaturización* a todos los niveles: *micro-electrodos, microemisores-receptores, estimoceptores*, para enviar y recibir por radio mensajes electrónicos y que permitieron implantaciones totalmente subcutáneas.
2. *Nuevas Técnicas de Tinción de Tejidos*.
3. *Técnicas de Microcirugía Aséptica* y aumentos de la precisión quirúrgica para alcanzar puntos cerebrales determinados. Emplean para ello, sistemas precisos de coordenadas y aparatos estereotáxicos.
4. El *Microscopio Electrónico*: Con él pudo comprobarse, por fin, y experimental y visualmente, que las fibras de dos neuronas distintas no llegan realmente a tocarse. Es decir, queda establecida la *Estructura de la Sinapsis*, que anunció Cajal.
5. El *Impulso Eléctrico*: Se comprende la naturaleza del impulso eléctrico. Cuando una neurona genera un impulso, éste se propaga a través del axón hasta la neurona cercana.
6. Los *Neurotransmisores*: También se descubre que todo impulso libera un transmisor químico que '*flota*' en el finísimo intervalo entre dos células, provocando una reacción eléctrica al otro lado.
7. Las *Computadoras*: Instrumentos electrónicos capaces de posibilitar el seguir la pista, recoger datos y analizar lo que estaba ocurriendo, y esto durante largos periodos de tiempo, e, incluso, con programas informatizados y a distancia...

Todos estos desarrollos tecnológicos facilitan el estudio primario de las células, y después de células especializadas en funciones muy específicas. Pronto se habló de lenguajes, de códigos... Se llegó a afirmar que cada célula tiene su alfabeto: Las hay que leen líneas, otros

esquemas, colores, contrastes de colores, movimientos, direcciones del movimiento... (Pribram, 1977).

Cuadro 2.2 1. Resumen de Hechos Experimentales probados, y Consecuencias

HECHOS EXPERIMENTALES	CONSECUENCIAS
1. La estimulación eléctrica del cerebro de perros anestesiados provoca movimientos, localizados en el cuerpo y en las extremidades (Fritsch y Hitzig, 1879).	El cerebro es excitable. La estimulación eléctrica de la Corteza Cerebral puede producir movimientos.
2. La estimulación del diencefalo en gatos sin anestesiar produce efectos motores y reacciones emotivas organizadas (Hess, 1932).	Las manifestaciones motoras y emotivas pueden ser provocadas mediante la estimulación eléctrica del cerebro en animales despiertos
3. En ratas, gatos y monos aislados, la estimulación eléctrica del cerebro produce o inhibe los fenómenos de aprendizaje, condicionamiento, respuestas instrumentales, miedo y placer (Delgado, et al., 1954; Olds y Milner, 1954).	Los fenómenos psicológicos pueden controlarse mediante la estimulación eléctrica de zonas específicas del cerebro (Delgado, et al., 1954).
4. En colonias de gatos y monos se han provocado modificaciones, e inhibido la agresión, el caudillaje, la actividad sexual y otras interacciones sociales, mediante la radioestimulación de zonas específicas del cerebro (Delgado, 1952a; Delgado, et al., 1968; Penfield y Jasper, 1954)	Las relaciones sociales pueden controlarse mediante radioestimulación de estructuras cerebrales determinadas.
5. En enfermos, la estimulación del cerebro durante intervenciones quirúrgicas o con electrodos implantados, durante días o meses puede bloquear el proceso de pensar, inhibir el habla y el movimiento, y en otros casos puede inducir placer, risas, amistad, manifestaciones verbales, hostilidad, miedo, alucinaciones y recuerdos.	Las funciones vegetativas y somáticas, el comportamiento individual y social, y las reacciones emotivas y mentales pueden provocarse, mantenerse, modificarse o inhibirse en los animales y en el hombre mediante la estimulación eléctrica de estructuras cerebrales específicas. El control físico de muchas funciones cerebrales es un hecho demostrado, pero las posibilidades y los límites de este control son todavía poco conocidos (Delgado, 1980, p. 92)

Pero los estudios cerebrales, a los que ha aludido con los anteriores párrafos, se limitaron casi al Córtex. En él se localizaron los sistemas sensoriales y motores y otras áreas que parecían controlar el comportamiento más patente. Quedaban por explorar ciertas zonas profundas del cerebro. Apenas se sabía nada de sus funciones. Por eso, tal vez, la comprobación más sensacional de toda la investigación del cerebro en esta época haya sido la existencia de zonas específicas intracerebrales, en realidad circuitos, y dentro de esas zonas, las más transcendentales, las que después se denominaron los centros del *Placer* y del *Dolor Miedo*. Se sitúan, principalmente, en el sistema límbico y en la sustancia gris central, cuya activación, tanto en animales como en seres humanos, produce manifestaciones evidentes de placer o de castigo, y situadas cerca del tálamo y del hipotálamo, ya estudiado por Hess en animales (Delgado, 1989).

El estudio de las estructuras profundas del cerebro, estructuras que se encuentran a lo largo y cerca de la línea media del cerebro, suponían una dificultad añadida: Eran difíciles de investigar. Olds (1962), alegaba, tratando de explicar esta dificultad, dos razones:

1. En primer lugar, porque el llegar hasta ellas, sin dañarlo, era difícil. El Córtex

resultaba relativamente más fácil, pues se podía hacer mediante estimuladores e instrumentos de registro que tocaran su superficie.

2. Además, se carecía aún de herramientas psicológicas para medir la respuesta de los animales. Contabilizar, es decir, determinar cuántas veces flexiona una pata un animal, no supone mayor dificultad. Pero medir el sentimiento de placer o dolor de un animal, no se veía cómo podría hacerse.

A la primera dificultad, le fueron dando respuesta, en parte, los avances tecnológicos y quirúrgicos anteriormente enumerados. A la segunda le dieron respuesta los psicólogos con sus métodos para detectar y medir el comportamiento emocional positivo, el placer y/o la satisfacción de necesidades específicas. Olds atribuye a Skinner, psicólogo experimental de *Harvard*, el haber diseñado la técnica para poder medir el efecto gratificante, o el grado de satisfacción de un estímulo, en función de la frecuencia con la que el animal ejecutaba un acto que le condujera a la recompensa. Esa técnica se instrumentalizó en lo que se llamó la '*Caja de Skinner*'. Si el pulsar la palanca se gratificaba con una bolita de comida, el animal llegaba a pulsar la palanca 100 o más veces a la hora. Si no había recompensa, lo hacía 5 ó 6 veces. Ese aumento en la frecuencia de la respuesta desde cinco o diez veces hasta 100 a la hora, proporcionaba una medida del efecto gratificante del alimento. Este método, proclama Delgado, (1980), permite la exploración de estructuras cerebrales y la identificación de sus propiedades de refuerzo positivo (*placenteras*) o negativo (*desagradables*).

2.2.5.2.2. Los '*Centros del Dolor*'/ '*Miedo*'

"Suponemos que el miedo y el castigo provienen del medio ambiente, sin darnos cuenta de que las sensaciones dependen de una cadena de acontecimientos que, aunque empiecen fuera, culminan dentro, por la activación de determinados mecanismos intracraneales" (Delgado, 1980, p.141). "El cerebro es tan insensible a su propia destrucción como finísimo receptor y analizador de las informaciones recibidas de la periferia" (p.144).

El grupo que lleva a cabo este descubrimiento, dirigido por J. M. Rodríguez Delgado, estaba integrado, además, por Warren W. Roberts y Neal E. Miller, todos ellos de la *Universidad de YALE*.

Las investigaciones de este grupo son paralelas a las que en esos mismos años lleva a cabo otro equipo en la *Universidad de Mc Gill*, que llegan a los mismos descubrimientos con las mismas técnicas, y casi al mismo tiempo.

Delgado, junto con sus colaboradores son los diseñadores, promotores y artífices de la tecnología más sofisticada, que revoluciona la técnica de las implantaciones. Ellos diseñan y emplean:

1. *Electrodos finisimos*.
2. *Estimoceptores, Dialitrodos*, aparatos que terminaron por conectarse a potentes ordenadores, facilitando, así, que los animales lleven una vida normal y no sujetos a un cable como en tiempos de Hess (Delgado, et al., 1954).

El ingenio diseñador y aplicador de tecnología de última hora aún sigue entusiasmando a Delgado hoy en día.

Este equipo de investigadores comunican, en 1954, que Hess tenía razón: Realmente existían ciertas áreas cerebrales donde la estimulación eléctrica producía *Dolor Miedo Rabia*

(Delgado, et al., 1954). Se detectaban con la excitación de la zona tegmental de la Substancia Gris Central y de algunas otras regiones y, especialmente, de un área en la parte inferior del Sistema de la Línea media, en donde la estimulación daba lugar a que el animal evitara el comportamiento que provocaba el estímulo eléctrico.

Cuando situaban los electrodos en esas zonas, que bautizaron como zonas de castigo, localizados en la zona tegmental de la Substancia Gris Central y en algunas otras regiones, el animal apretaba la palanca una o dos veces y no volvía a tocarla, demostrando que le molestaba este tipo de estimulaciones.

Demuestran, por fin, que se puede producir '*Dolor Real*', no solo en las ratas sino en otros animales. Los experimentos con toros bravos, y sobre todo con monos, figuran en todos los manuales.

Y llegan a concluir

1. Se puede producir *dolor real a través de la estimulación eléctrica*. Esto tiene una gran importancia para mejorar la terapéutica del dolor, y además ofrece otro aspecto de enorme interés social. La investigación de las relaciones entre la percepción del dolor y las manifestaciones de violencia.
2. El *dolor cerebral* es uno de los acicates más eficaces en el aprendizaje animal. Las ratas, los monos y otras especies animales pueden aprender a presionar una palanca, motivados por una recompensa alimentaria, o para evitar un castigo, como una descarga eléctrica (Soulairac, Cahn y Charpentier, 1968, Sweet, 1959).

2.2.5.2.3. Los '*Centros del Placer*'

"El placer no está en la piel acariciada ni en el estómago lleno, sino en alguna zona que vibra dentro de la bóveda craneana" (Delgado, 1980, p. 141).

El equipo que descubrió estos centros trabajaba en la *Universidad McGill, Montreal*. Integrado por James L. Olds, un psicólogo que estaba trabajando con Donald O. Hebb. Después fue profesor de Biología Conductual en el *Instituto Tecnológico de California*.

Con la ayuda de la técnica de Hess para explorar el cerebro, y la de Skinner para medir la motivación, planean explorar particularmente el *Sistema Reticular del Mesencéfalo*, área de *Control del Sueño*, que ya Magoun había investigado. Conocían los resultados del estudio de Delgado, Roberts y Miller. Pero ellos deseaban investigar tanto los efectos positivos como los negativos.

En 1954, se le une Peter M. Milner, también psicólogo conductista como él. Este investigador es quien tuvo la '*suerte*' de observar la extraña conducta de una rata blanca. Tras un reflexivo análisis se dan cuenta que era esa rata y su extraño comportamiento quien les marcaba el camino de sus próximos descubrimientos. Comprueban que en esa rata el electrodo había errado el blanco. En vez de ir al mesencéfalo, se había incrustado en una vía nerviosa de acceso al rinencéfalo. Olds, tenía formación conductista. Seguía a Skinner, y permitía que los animales aprendieran a estimular sus propios centros de placer. De esta forma, casi fortuita, es como localizan y luego confirman, una y otra vez, la existencia de dos mecanismos cerebrales anatómicamente diferenciados, uno para el castigo y otro para el placer.

Lo comunican en 1956, en un artículo publicado en la revista *Scientific American*. Proclaman, alborozados, que han encontrado lo que Olds llamó, en esos momentos, los '*Centros del Placer*'. Más tarde prefirió llamarlos '*Centros Compulsivos de Conducta*' (Olds, and Milner, 1954; Olds, 1956; 1962; 1969).

El encuentro de esos centros, como queda dicho, fue más bien casual. Comprueban,

con electrodos implantados en puntos ligeramente distintos, en zonas del hipotálamo, que la estimulación en esas zonas parecía provocar en las ratas ira, temor, y un desagrado patente. Hasta que un buen día, una de las ratas se comportó extrañamente. Milner observa que el electrodo estimulaba, por equivocación, otra zona. Y en esa zona se centran sus estudios posteriores.

Dada su formación conductista, dan un paso más y se preguntan a ver qué pasaría si se les permitía a las ratas activar sus propios centros de placer o recompensa.

Después de implantar los electrodos, Olds y Milner conectaron los cables a un dispositivo que permitía a las ratas encender la corriente y proporcionarse a sí mismas una breve sacudida de placer al presionar la palanca. Cada pulsación de la palanca producía una breve estimulación de 0'5 a 1 segundo, que parecía resultar a las ratas más placentera que la misma comida. Nos cuenta Olds que las ratas permanecían extasiadas, deleitándose en una orgía incansable de auto-estimulación. Alguna llegaba a presionar la palanca hasta mil veces en una hora, y alguna lo hacía durante 24 horas consecutivas. Y lo más ilustrativo. El afán por pisar el pedal y provocarse placer, les hacía cruzar rejillas fuertemente electrificadas. Incluso, la obsesión placentera era tan fuerte que prescindían de comer, de beber, del descanso, y se dejaban desfallecer agotadas. Cuando despertaban, volvían a empezar. Las zonas del cerebro relacionadas con los efectos placenteros no son igualmente sensibles. Las cifras más elevadas de apretar la palanca, hasta 5 000 veces a la hora, se obtienen en la auto-estimulación del hipotálamo posterior. La excitación de estructuras rinencefálicas a un ritmo de 200 veces por hora, moderadamente positivo. Las zonas motoras se clasificaron como neutras, con 10-15 veces por hora. En las zonas de castigo, el animal tocaba la palanca una vez y no lo volvía a hacer.

Los animales no tienen comunicación verbal, pero tras el análisis de sus respuestas instrumentales, en estos y otros estudios, Olds expone un análisis sistemático de la distribución neuroanatómica de las zonas del placer en la rata: Así, proclama que en la rata el 60% del cerebro es neutro, el 35% produce satisfacción y únicamente el 5% produce efectos desagradables (Olds, 1962).

Y concluyeron: La estimulación de los '*Centros de Placer*' es lo que en realidad constituye la auténtica clave a la hora de aprender (Campbell, 1973, Delgado, 1989).

Como queda explicado, Olds y Milner practicaban la implantación invasiva. Pero después de unos años, se dio cuenta Olds, según propia confesión, de que esta técnica originaba tantos problemas como los que resolvía. Y aunque reconoció que a lo largo de todo el proceso se iba conociendo cómo era y cómo funcionaba el cerebro, abandonó la investigación mediante la estimulación cerebral invasiva como técnica moldeadora de la conducta y volvió al conductismo y a las recompensas en forma de alimentos. Se da de baja en *Mc Gill*, se va a Michigan y aterriza en el *Instituto Tecnológico de California*. Abandona el estudio de los centros del placer y se dedica, hasta su muerte, a estudiar los cambios fisiológicos que se producen en el cerebro durante el aprendizaje (*Psychology Today*, Mayo 1975). Sus seguidores, tras su muerte, fueron Michael Chase, que intenta comprender los cambios que ocurren en las células individuales del cerebro durante el aprendizaje, y James MacGaugh, que se centra en los cambios Hormonales que se dan en el cerebro asociados con el aprendizaje.

2.2.5.2.4. Robert G. Heath: La Estimulación del Cerebro Humano

El gran cirujano Penfield, basado en su gran experiencia gustaba de afirmar que dudaba que la ira, la alegría, el placer y la excitación sexual, estuvieran representados en el cerebro humano: "Ni las descargas epilépticas localizadas ni la estimulación eléctrica son capaces de

despertar ninguna de esas emociones. Sentimos la tentación de creer que no hay mecanismos corticales específicos relacionados con esas emociones" (Penfield, and Jasper, 1954). Y es normal que ante su autoridad, muchos otros investigadores no dudaran en darle la razón, aunque algunos sólo con relación a la corteza cerebral. Y estudios en sujetos humanos, con electrodos implantados, demostraron pronto que la estimulación eléctrica de ciertas estructuras cerebrales pueden inducir sensaciones placenteras. Además, los humanos lo pueden expresar verbalmente y con expresiones faciales, comportamientos y deseos de repetir la experiencia.

El pionero en estos estudios fue Robert G. Heath, psiquiatra, Profesor en la Facultad de Medicina, *Universidad de Tulane, de New Orleans*. Había trabajado y colaborado con el equipo de Yale, dirigido por Delgado.

Heath tenía entonces una *visión biológica de la enfermedad mental*. En los años 50, la técnica imperante para abordar los trastornos mentales era el psicoanálisis. Freud había establecido, casi como dogma, que *'los problemas psicológicos podían remontarse a traumas de la infancia y a complejos sin resolver'*. Pero Heath opinaba que la enfermedad mental no es más que biológica. Opinión que para los freudianos ésta era una auténtica herejía. Pero él se encuentra que los resultados con animales eran bastante concluyentes y demostrativos. Y decide aprovechar la enfermedad para experimentar con humanos.

En una primera etapa, y por razones exclusivamente médicas y terapéuticas, planea y dirige la implantación de electrodos múltiples intracraneales en cerebros humanos y les mantiene largos periodos de tiempo. La ocasión para estudiar los efectos de la estimulación eléctrica es única, y la aprovecha bien. Esto provoca un gran impacto en la *Comunidad Científica* cuando lo comunica (Heath, 1954).

Los sujetos a quienes implantó los electrodos fueron 23 pacientes aquejados de enfermedades mentales aparentemente incurables: esquizofrenias graves, psicosis homicidas, depresiones suicidas... La estimulación eléctrica de la región septal, que está situada en las profundidades del lóbulo frontal, produjo en los pacientes un aumento de atención, acompañado a veces de mayor verbosidad y de una sensación de euforia y placer.

Otro estudio sistemático, con otro grupo de enfermos, aportó nuevas pruebas de los efectos placenteros de la estimulación septal (Heath, 1963).

La investigación le llevó a la conclusión de que la característica común a todos estos trastornos mentales era que el sujeto tenía un desequilibrio entre placer y dolor, con poca o ninguna capacidad para experimentar placer y, en cambio, una capacidad muy exagerada para experimentar dolor, angustia, soledad... Heath compara a estos enfermos con las primeras ratas de Olds, continuamente atormentadas por electrodos que sólo estimulaban los centros del dolor/desagrado. Y a partir de aquí, planifica un sistema para implantar a enfermos mentales electrodos en sus centros de placer, y brindarles la posibilidad, como Olds a sus ratas, de estimular, a voluntad, sus propios centros de placer.

Como artefacto les suministró unas pequeñas *'cajas de control'* para que pudieran estimularse cuando lo creyeran necesario. A un enfermo de narcolepsia incontrolable (*crisis de sueño*), le implantaron electrodos en el cerebro y durante 17 semanas se le proporcionó un pequeño estimulador con varios botones que estimulaban distintas zonas. Un registrador acumulativo de cada botón, mostró qué botón se había usado más veces, voluntariamente. El número más alto correspondió al botón de la zona septal. El enfermo comentó que con esa estimulación se sentía muy bien y como si fuera a alcanzar un orgasmo. Su narcolepsia mejoró mucho (Heath, 1954).

Heath interpretó los primeros resultados como espectaculares. Muchos de sus casos más violentos, o incurables, experimentaban transformaciones y recuperaciones inmediatas. Con la auto-estimulación cerebral desaparecían muchas depresiones, alucinaciones, iras violentas, e, incluso, algunos ataques epilépticos y ciertos dolores crónicos...

En esta misma línea de investigación, Delgado (1980), presenta la casuística de 65

enfermos que sufrían esquizofrenia o enfermedad de Parkinson, a quienes se les implantaron en total 643 contactos, preferentemente en la parte anterior del cerebro (Sem-Jacobsen, 1968). La estimulación eléctrica dio los siguientes resultados: 360 puntos se clasificaron como '*positivos I*'. En esos puntos, con la estimulación eléctrica, los enfermos se relajaban, sintiéndose cómodos, y con una sensación de bienestar, acompañados a veces de somnolencia. Otros 31 puntos fueron '*positivos II*', y con su estimulación, los enfermos cambiaban claramente de humor y se mostraban con buen humor y euforia: Estaban relajados, cómodos, sintiéndose bien y sonriendo frecuentemente; se producía ligera euforia, pero el comportamiento era adecuado. A veces deseaban recibir más estimulaciones. La excitación de otros 8 puntos, '*positivo III*', les inducía una euforia que sobrepasaba los límites de lo normal: Los enfermos reían a carcajadas, gozando de todo, gustándoles mucho la estimulación y deseando recibir más. La estimulación de otros 38 puntos del cerebro produjo resultados ambivalentes y los pacientes expresaban, unas veces, complacencia y, otras, molestias. Las respuestas de otros 3 puntos fueron clasificados como '*puntos de orgasmo*', porque los pacientes, después de un goce inicial, se sentían completamente satisfechos, no deseando más estimulación durante un periodo variable de tiempo. Por último, la estimulación de aproximadamente 200 puntos produjo resultados desagradables, como angustia, tristeza, depresión, miedo y descargas emotivas.

Delgado, and Hamlin (1956), Delgado, and Hamlin (1960), y Delgado (1980), presentan estudios con enfermos de epilepsia psicomotora en quienes observaron la inducción de sensaciones placenteras, en ciertas zonas, mientras que en otras, no se inducían cambios emocionales.

Conclusiones que se aventuran de todos estos experimentos son que la activación del sistema del placer, mediante estimulación eléctrica o administración de drogas, suprime los signos y síntomas de dolor emocional o físico, o ambos, y elimina cambios y/o recuerdos asociados al estado doloroso.

En otra serie de experimentos implantaron electrodos y estimularon y grabaron las respuestas. Así es como consiguieron lecturas de *EEGs* en las profundidades de los cerebros de muchas personas mientras éstas experimentaban ira, ataques, estimulando diversos sitios de los cerebros de los sujetos, provocando alegría, placer, temor, etc.

Paralelas a estas investigaciones parece que los rusos también llevan a cabo las suyas. Por estos años cincuenta-sesenta, circuló en Occidente un Informe firmado por un tal Giljakowski, en el cual se manejaban términos que resultaron muy atrayentes y tuvieron cierto éxito. Se hablaba en dicho informe de *Electroterapia Transcraneal (TCET)*, de *Electroestimulación Cerebral (CES)*, de *Electrosueño...*

En estos años se produce un fenómeno, que, para nosotros, contemplado 40 años después, nos resulta muy llamativo: Las investigaciones se propagan de forma inusitada y surgen muchas patentes. No es el menos prolífico en nuevas patentes el español José María Rodríguez Delgado.

La estimulación eléctrica del sistema nervioso central requiere una planificación cuidadosa, una metodología difícil, y la colaboración de especialistas, con conocimiento y experiencia en anatomía, cirugía, neurofisiología y psicología. Tratándose de humanos, se exigió tener experiencia médica, fisiológica y psiquiátrica. Estos y otros requisitos, tan difíciles de reunir, hicieron que, como algunos dijeron, la experimentación con electrodos intracraneales se limitara enormemente. Pero, también, hay que decir que el hecho de requerir equipos muy complejos de personas supuso una garantía para evitar el uso inadecuado de la estimulación eléctrica del cerebro por parte de personas con escasa preparación técnica o con pocos escrúpulos éticos profesionales, ya que, como afirma Delgado (1980), "la estimulación eléctrica del cerebro no puede usarse como medio de enseñanza, porque habilidades como tocar el piano, hablar un idioma o resolver problemas, requieren complejos estímulos

sensoriales. Debido a su falta de contenido simbólico, la electricidad no puede inducir efectos comparables a los obtenidos mediante hipnosis" (p.223).

2.2.5.3. Años 60-70: Los TENS (*Estimulador Transcraneal Neuroeléctrico*)

Muchos investigadores abandonan la implantación invasiva de electrodos. El desarrollo tecnológico les permite comprobar que es posible alterar la actividad eléctrica del cerebro y del sistema nervioso sin necesidad de operación y sin estimulación directa. Basta con aplicar corriente eléctrica en la superficie de la piel.

Y surgen los 'inventores', que lanzan al mercado una nueva generación de aparatos eléctricos, apoyados, dicen ellos, en los últimos hallazgos científicos. Enlazan, de alguna manera, con la electroterapia y la electromedicina, reprimida tras el '*Informe Flexner*'.

En estos años se ponen de moda los TENS (*Estimulación Nerviosa Transcutánea*). Su empleo se populariza en el alivio del dolor. Millones de personas adquieren estos aparatos. Dentistas, médicos, entrenadores..., ven en los TENS una ayuda eficaz.

Los TENS generan una intensidad de corriente en la escala de los *miliamperios*, en *frecuencias* de repetición de impulso, relativamente *altas*. Aporrean el cerebro con corriente de miliamperios emitida durante *Microsegundos*. La *forma de onda*, es *invariable y repetitiva*. Esta es una gran pega, pues el cuerpo se habitúa enseguida, se acostumbra a ese estímulo siempre igual, y lo ignora o rechaza. En ese momento, la estimulación deja de ser eficaz.

Al exterior, los TENS se muestran en muchos y variados diseños. Los más comunes consisten en un artefacto portátil de reducidas dimensiones, alimentado por pilas.

La señal eléctrica se aplica comúnmente a través de electrodos situados sobre la piel, normalmente sobre el nervio que se supone lleva la señal de dolor al cerebro.

Pero lo más común es atacar directamente al cerebro y situar los electrodos, con ese fin, sobre los lóbulos de las orejas o detrás de éstas, o bien, en algunos casos, también sobre los párpados o directamente sobre el cuero cabelludo.

Los primeros TENS experimentaron un rápido desarrollo. En las etapas iniciales:

1. Los electrodos producían desagradables sensaciones al emitir las máquinas sus pulsos eléctricos.
2. Se eliminan esos inconvenientes, tras las primeras pruebas.
3. Se emplean muchas combinaciones de frecuencias y modulaciones, que usan una banda que discurre desde unos pocos Hz hasta llegar hasta un máximo de 100 Hz.
4. Forma de onda, *rectangular*, con tiempos de '*subida*'-'*bajada*', muy rápidos y cortos, del orden de los *microsegundos*.
5. *Intensidad*: Los TENS normales funcionan con corriente del orden de *miliamperios*.

A pesar del empleo masivo de los TENS, nadie había dado aún con la clave de por qué se calmaba el dolor. Pese a la extensa investigación se ignoraba cómo producía la electricidad ese efecto espectacular de reducción del dolor.

2.2.5.4. Años 70: TENS y ENDORFINAS

2.2.5.4.1. Primeras explicaciones: ENDORFINAS y NALOXONA

Por fin, en 1975, los científicos creen haber encontrado una de las claves de por qué la electricidad calma el dolor. Se descubren las endorfinas, los opiáceos del cuerpo, y sus posibles

funciones. Se sabía que los opiáceos naturales, como la heroína, la morfina y el opio, aliviaban el dolor, y además causaban euforia. La contrapartida es que crean dependencia.

Pronto se averigua que las endorfinas sirven, al menos, para varios propósitos en nuestro organismo: reducen el dolor, alivian la tensión, proporcionan placer, gratifican comportamientos conducentes a nuestra supervivencia, destacan o suprimen recuerdos, y determinan qué información permiten que entre en nuestro cerebro...

Con razón se habló de las endorfinas, como auténticas *'llaves del paraíso'*.

La clave para desentrañar las funciones de las endorfinas viene por vía indirecta, a través de los estudios llevados a cabo con un antídoto de los opiáceos, la *Naloxona*. Esta sustancia tiene la propiedad de encajar en los receptores de los opiáceos e impedir que dichos opiáceos penetren en dichos puntos. La *Naloxona* bloquea los efectos de los opiáceos naturales tanto internos como externos.

La deducción que se hacen muy pronto los investigadores es que tal vez lo que producimos con la estimulación eléctrica del cerebro y que alivia el dolor, es la liberación de opiáceos propios. Si así fuera, una inyección de *Naloxona* impediría que tal estimulación surtiera efecto. Y es así como el misterio empieza a tener explicación: Se establece que la estimulación eléctrica alivia el dolor disparando endorfinas (Hosobuchi, Adams, and Linchitz, 1976; Sjolund, and Eriksson, 1976)

2.2.5.4.2. Los ALPHA-STIM

Como desarrollo lógico de los *TENS* surgió un aparato, agente activo de muchísimas demostraciones y de algunas investigaciones. Me refiero a lo que se llamó *ALPHA-STIM*.

El *creador-diseñador* fue el neurobiólogo Daniel Kirsch, en California. El instrumento era, en sus primeras versiones, del tamaño de una máquina de escribir manual. El frontal contenía muchos diales. De la parte trasera salían distintos cables. Se presentaba, además, con indicadores de diodos *LEDs* parpadeantes. Los electrodos se enganchaban a los lóbulos de las orejas.

Este instrumento, en cualquiera de sus versiones, trabaja y envía una *cantidad ínfima de corriente*. Está en la escala de los *Microamperios* (= *millonésima parte de un amperio*, pensemos que una bombilla común, de 60 vatios, consume 1/2 amperio = 500 000 microamperios).

El *ALPHA-STIM* se diferencia de los populares *TENS*, precisamente, en la corriente, que es cientos de veces inferior a la emitida por la mayor parte de las unidades *TENS*. Según análisis, la corriente emitida por el *ALPHA-STIM* se acerca mucho más a la corriente natural producida por las células del cuerpo, que la producida por las unidades *TENS* más potentes. Eso hace que la estimulación de las células se produzca de forma más cercana a la natural.

Otra característica del *ALPHA-STIM*, es la *forma y frecuencia de onda*. La forma es *cuadrada modificada*, cuya polaridad se invierte. Esa parece ser, a juicio de los expertos, la forma más eficaz y natural en que nuestras células liberan la corriente.

Funciona con *frecuencias* de repetición de impulso *extremadamente bajas* (a partir de 0,5 Hz). Esa onda de baja frecuencia, de una débil corriente de *microamperios* se emite durante *milisegundos*, en vez de aporrear el cerebro con corriente de miliamperios emitida durante microsegundos.

Además, para evitar la habituación del sistema nervioso, incorpora factores aleatorios en sus ondas cuadradas modificadas.

El diseñador lo crea con la finalidad de aliviar el dolor. Sugiere que si se estimula eléctricamente el área del dolor con la frecuencia y amplitud adecuadas, el cuerpo responde con un flujo de endorfinas, aliviando incluso dolores fuertes o crónicos durante horas o días.

Este aparato sólo se suministra a profesionales de la salud: médicos, dentistas, psiquiatras, osteópatas, etc.

2.2.5.4.3. Aplicaciones

El *ALPHA-STIM* es un aparato muy versátil. Los profesionales que lo usaron y muchos que siguen usándolo, descubrieron que uno de los modos de funcionamiento más espectacular era la *EEC* (*electroestimulación craneal*). En este modo, los electrodos se fijan en las orejas o en las sienes. De esta forma, las corrientes son enviadas directamente al interior del cerebro. El efecto es rápido. Aseguran que con este tipo de estimulación se produce un estado llamado *Electronarcosis*, estado caracterizado por una relajación profunda, una conciencia acrecentada y una sensación de bienestar y euforia. La sensación consciente que se tiene es de hormigueo, de alfilerazos en los lóbulos. Pero sentido como débil, sin llegar a molestar ni ser desagradable.

Produce un cambio rápido de estado de conciencia: Sensación de mayor pesadez del cuerpo, y sensación de hundirse en el propio cuerpo; sensación de estar relajado, dándote cuenta que parpadeas pero estás despierto. El estado no es algo extraño, alucinante, o del otro mundo, sino que es una sensación de estar exactamente como deberías estar, en casa, dentro de ti mismo; la sensación de que tu cerebro está funcionando correcta, eficaz, claramente. Te das cuenta de que eres totalmente consciente de todo lo que ocurre a tu alrededor y al mismo tiempo consciente de lo que pasa en tu cabeza. Llegas a sentirte, bien ligero, bien lleno de energía. Tienes sensación de apertura, de claridad mental...

Los *ALPHA-STIM* se desarrollan rápidamente. Los últimos modelos son el *A-S 350* y el *2.000*. Utilizan frecuencias desde 0,5 hasta 120 Hz. Las intensidades van en la banda de 25 a 500 microamperios. Con todas estas características y todos los antecedentes, las demostraciones y aplicaciones no se hacen esperar.

Mitch Lewis, entrenador atlético y de calentamiento de los equipos olímpicos *USA*, de remo y judo, lo populariza como método eficaz de relajación/recuperación. Los atletas informaban de haber tenido un buen descanso nocturno antes de una competición importante. También informaban de tener una actitud más relajada frente a la tensión de las competiciones (Lewis, 1984; Madden, and Kirsch, 1987).

El psiquiatra de *Los Ángeles*, Alan Brovar informó de que personas a quienes se aplicó la *EEC* terminaron los programas de desintoxicación y rehabilitación con mayor éxito que el grupo control, tuvieron menos recaídas, y, en consecuencia, menos probabilidades de solicitar un nuevo ingreso en la unidad (Brovar, 1984; Smith, and Shirimoto, 1991).

La explicación dada por Brovar, es que, al liberarse *Endorfinas*, la *EEC* reducía la disforia característica, o la incapacidad de sentir placer, efecto que experimentan los adictos cuando se desenganchan (Shealy, et al., 1989).

Además, sigue informando Brovar, en muchos de los drogadictos, también se produce una sincronización hemisférica del cerebro, haciendo que los adictos estén más dispuestos a aceptar conceptos orientados hacia la recuperación. La *EEC*, asegura, tiene un efecto sedante, e induce un estado de alerta relajado que reduce el ansia física de droga.

La *EEC*, parece que aumenta, igualmente, la capacidad de ser sugestionado e hipnotizado (Ryan, and Souheaver, 1976). Psicólogos y dentistas, que emplean la hipnosis en sus terapias, se valen del *ALPHA-STIM* como un facilitador de la hipnosis. Incluso hay psiquiatras que utilizan la *EEC* antes de las sesiones de tratamiento para relajar al paciente y facilitar la apertura y la conciencia acrecentada permitiendo la afloración de material inconsciente (Smith, Burgess, Guinee, and Relfsnider, et al. 1979).

2.2.6. BIOELECTRICIDAD, APARATOS MEGABRAIN Y ESTADOS MENTALES

Terminado lo expuesto uno no puede menos que pensar en los aparatos *Megabrain*, que emplean como impulsos luces y sonidos, funcionando a frecuencias programadas. Algunos de los modelos que están en el mercado, tal y como se recoge en la '*Breve Guía de Máquinas y Aparatos de Luz y Sonido*', en el '*Apéndice D*', combinan la estimulación de luces y sonidos, con la estimulación eléctrica, al estilo y manera de los *TENS* y los *ALPHA-STIM*.

Y este es uno de los eslabones que une a todos estos aparatos. Se puede decir que los *TENS* y los *ALPHA-STIM*, son los primos hermanos o los parientes más cercanos de los aparatos de *Luz y Sonido*. Por eso tiene sentido lo expuesto en este capítulo.

En torno al tema podemos encontrar hechos científicamente probados, y también barruntar el porvenir tal como lo intuyen los promotores de los aparatos *TENS*, *ALPHA-STIM*, y de *Luces y Sonidos*.

2.2.6.1. Asociación entre '*Estimulación Eléctrica*' y '*Estados Mentales*'

Los resultados presentados por Hess sobre los estados emocionales provocados por la estimulación química y eléctrica del hipotálamo se confirman años más tarde por Delgado, Miller, Heath, Olds, Milner...

Con el descubrimiento de las *endorfinas* y *encefalinas*, se da un paso más y se encuentran respuestas al tema del dolor. Comprueban una y otra vez, que la estimulación eléctrica de ciertas zonas del cerebro puede elevar los niveles de *endorfinas* y estas pueden aliviar el dolor, la depresión, la ansiedad, y, en resumidas cuentas, pueden hacer que nos sintamos mejor. Hoy podemos soñar con un futuro más feliz. Las líneas parecen marcadas. Los científicos conocen ya, al menos, siete sustancias químicas de la familia de las *endomorfina*s que tienen efectos sobre la memoria y el aprendizaje.

También se conoce que otros péptidos similares, estrechamente relacionados con las *endorfinas*, como la *vasopresina* y el *MSH-ACTH 4-10*, pueden mejorar espectacularmente ciertos aspectos o componentes de la memoria y los aprendizajes.

Hoy se sabe, además, que existe un número, prácticamente infinito, de péptidos potenciales. No es arriesgado pensar que, tal vez, exista un péptido específico que sea el más adecuado y benéfico para cada tipo y modelo de comportamiento o información que se quiera aprender. Es posible imaginar que existan péptidos individuales ideales para aprender matemáticas, leer a Kant, crear imágenes mentales intensas o animadas, captar la mecánica cuántica, experimentar un amor transcendente, u observar el paso de un huracán por un parterre de azaleas sin molestarlas. Todo ello es muy poético, pero puede que también pueda llegar a ser muy real.

Aunque los potenciales de mejora del cerebro producido por la estimulación eléctrica siguen en gran parte inexplorados, no cabe ya duda de que este tipo de estimulación dispara la producción de *endomorfina*s así como de varios neurotransmisores esenciales.

2.2.6.2. '*EEG*' y '*Funciones Cognoscitivas*'

Por los estudios de *Rosenzweig* y *colegas* se conocen los efectos de los entornos enriquecidos en los cerebros de las ratas. En sus investigaciones encontraron una correlación alta entre aprendizaje y química cerebral. A mayor estimulación, mejor aprendizaje, más memoria, más inteligencia y mayor capacidad para procesar información.

Cuando se reconoció que en el aprendizaje y en la memoria estaban implicados procesos químicos, los investigadores empezaron a analizar la sopa química del cerebro para descubrir con precisión qué sustancias químicas participaban en cada proceso.

En los años 60, muchos científicos estaban ya convencidos de que las funciones cognitivas, como la memoria, se basaban en impresiones eléctricas duraderas en el cerebro. No podemos olvidar la aventura conocida como la búsqueda de los *engramas*, elementos escurridizos que ningún científico logró nunca '*capturar*' o '*detectar*'. Y hasta ese momento, se seguía discutiendo si las neuronas enviaban señales a través de las sinapsis mediante señales eléctricas o químicas.

Pero hasta finales de los años 60 y comienzos de los 70 no se desarrollaron técnicas y equipamientos de laboratorio lo bastante perfeccionados para determinar la ubicación exacta de sustancias químicas concretas. Con esto comenzó lo que muchos consideran ahora la '*Revolución de la Neurociencia*'.

Actualmente se da ya entre los neurocientíficos un acuerdo, prácticamente unánime, respecto a que los procesos cognoscitivos generales a los que se refieren son, en su esencia, *hechos químicos*, que dependen de alteraciones de las cantidades de ciertos líquidos en el cerebro.

2.2.6.3. '*Estimulación Eléctrica*', '*TENS*', '*ALPHA-STIM*', y aparatos '*MEGABRAIN*'

Releyendo la propaganda sobre los *TENS* y los *ALPHA-STIM*, a la que se suma la de los aparatos *Megabrain*, parece como que, por los años 80, ya nadie dudaba que esos dispositivos lograban eficazmente que los cerebros de los usuarios liberaran endorfinas, mediante la estimulación que aportaban al cerebro, y que, además, eran instrumentos muy adecuados y eficaces para la mejora de la memoria y de los aprendizajes.

Es cierto que estaba ya científicamente comprobado que la estimulación eléctrica del cerebro puede elevar los niveles de endorfinas y éstas pueden aliviar el dolor, la depresión, la ansiedad, y, en resumidas cuentas, puede hacer que nos sintamos mejor.

Pero, aparte de sus aplicaciones terapéuticas, hay en el aire muchas preguntas que esperan aún, casi veinte años, o más, después de su aparición en los mercados, tener puntual y decisiva contestación tras una masiva y controlada investigación de esos y con esos aparatos, investigación que no se ha dado. Lo que existe son muchas informaciones sobre muchas demostraciones. Porque uno se puede preguntar: ¿Pueden dichos aparatos con su estimulación concreta beneficiar a la gente sana? ¿Se pueden utilizar también para estimular el crecimiento cerebral, o para elevar la mente humana a niveles superiores de conciencia, concentración, creatividad? ¿Pueden contribuir para volver a uno más inteligente o ayudarle a pensar mejor? Es decir, ¿pueden servir realmente estos aparatos como instrumentos de aprendizaje, o para inducir un incremento de la inteligencia y de la memoria, o aumentar los niveles de encefalinas y endorfinas?

Una de las aplicaciones de los *TENS*, los *ALPHA-STIM*, y muy especialmente la de los aparatos *Megabrain*, es utilizarlos como instrumentos prácticos para incrementar los aprendizajes. Si te enganchas, anuncian los vendedores, a un dispositivo *EEC* sintonizado a la frecuencia, amplitud y forma de onda adecuadas, puedes activar los caminos de aprendizaje de tu cerebro y aumentar tu capacidad de pensar, asimilar nueva información, combinar ideas de formas nuevas, consolidar hechos en la memoria, y recordar o recuperar información almacenada en tu cerebro.

La técnica insinuada a los usuarios consiste en presentar a los cerebros la información que quieren aprender (en forma de cintas de audio o video, libros o artículos, imágenes, ideas) mientras permanecen enganchados al dispositivo de estimulación eléctrica o luces y sonidos, o

durante las horas inmediatamente siguientes a la utilización del aparato (cuando la pretendida evidencia indica que los niveles de endorfinas y otros péptidos supuestamente liberados por influencia y virtualidad de los impulsos de los aparatos siguen siendo altas).

Dado que ahora existen varios aparatos de este tipo en el mercado libre, los individuos interesados en aumentar sus capacidades de aprender, pensar, crear, imaginar y explorar, o simplemente curarse y/o mejorar su estado de salud general, pueden investigar esta cuestión. Pero eso requiere fondos y personal dispuesto a desarrollar esas investigaciones.

La propaganda de los aparatos *TENS* y *ALPHA-STIM*, y muy especialmente, la de los aparatos *Megahrain*, afirma que varios prestigiosos científicos han emprendido trabajos para comprobar los efectos de la *Estimulación Eléctrica*, o *Luces y Sonidos*, en el *aprendizaje* y en la *memoria* y que los resultados provisionales que se han presentado ya son *notables*. Vienen a decir que con los impulsos eléctricos, o con los estímulos sonoros y luminicos, consiguen algo parecido y/o los mismos efectos que Delgado, Miller, Olds, Milner y otros, anunciaron a bombo y platillo haber conseguido con la estimulación eléctrica directa y con actuación invasiva. Estos se apuntan a todas. Sabemos, por lo reseñado en este capítulo y en el anterior, que la aventura de la estimulación directa del cerebro termina en realidad con los años 70, continúa algo más, pero se abandona por superación instrumental y presiones de las ligas de defensa de los animales.

Afirman rotundamente que ellos con esos impulsos eléctricos, y/o con luces y sonidos, realmente estimulan los centros profundos del cerebro. Y uno se teme que están trivializando y simplificando el tema. Vuelven a tomar el rábano por las hojas: Asegurar que es más o menos lo mismo, que producen parecidos o iguales efectos que la estimulación eléctrica directa de esas zonas profundas del cerebro, es, científicamente hablando, una burda y gratuita generalización y una aplicación que no tiene apoyo científico: Los sonidos y las luces, funcionando a las frecuencias programadas, no parece que lleguen tan lejos, ni tan profundas. Porque uno sigue preguntándose: ¿Cuántos son esos investigadores prestigiosos? ¿Dónde se hallan publicados los abundantes informes científicos sobre esas investigaciones? Porque lo único que uno encuentra no son sino afirmaciones vagas, conseguidas algunas de ellas en conversaciones informales, y otras muchas, simplemente mediante entrevistas por teléfono.

2.3. CEREBRO ELECTROQUÍMICO: LOS NEUROTRANSMISORES

2.3.1. INTRODUCCIÓN

Las interpretaciones más avanzadas apuntan a que todos nuestros pensamientos y percepciones consisten básicamente en las interacciones de campos electromagnéticos complejos que recorren, o como se dice, barren constantemente nuestro cerebro. Algunos, más poetas, se imaginan que ese ir y venir de barridos electromagnéticos es algo parecido al viento en un trigal...

Todos sabemos que nuestros cráneos están formados por gruesos huesos, pero a través de ellos, con sensores apropiados, se ha podido captar esa energía electromagnética en forma de EEGs, o MEGs. Esto es un hecho, hoy en día, incuestionable, como queda ya reseñado en capítulos anteriores. Hay miles de investigaciones científicas que tienen como objeto el análisis de esos campos electromagnéticos. Algunas conclusiones van en la línea de pensar que las alteraciones observadas en miles de EEGs-MEGs, no representan sino simples alteraciones provocadas por nuestros pensamientos y percepciones. Según eso, cada modelo o patrón electromagnético representaría un tipo diferente de pensamiento, de emoción, de percepción, etc. ¡¡Todo un mundo apasionante!!

Toda esta increíble algarabía electromagnética es producida por unas sustancias neuroquímicas. Hoy se llaman neurotransmisores. Parece ser que estas sustancias químicas del cerebro, disparadas eléctricamente, son los factores que controlan nuestros estados mentales y los comportamientos resultantes de los mismos: amor, odio, hambre, éxtasis, timidez, etc. Y todos esos comportamientos no son sino el efecto de casi infinitas posibles combinaciones de ciertos neurotransmisores.

2.3.2. LOS NEUROTRANSMISORES: ANTECEDENTES

Si enunciamos lo anterior en forma de principio podemos afirmar que, para los estudiosos del cerebro, *'cualquier estado mental consiste en un esquema complejo de actividad neuroquímica'*.

El consenso en este principio es, hoy en día, unánime. Las diferencias entre los neurocientíficos se manifestarán en las interpretaciones. Algunas de estas interpretaciones son más bien conservadoras, como de quien no quiere alarmar; otras, en cambio, nos asombran, por su audacia y originalidad. No obstante, hay que reconocer que ningún acontecimiento de la biomedicina reciente ha sido tan revolucionario como este descubrimiento de que los neurotransmisores son los responsables de la actividad del Sistema Nervioso.

Las etapas en el establecimiento de estas verdades científicas, se han ido sucediendo con rapidez vertiginosa.

Todo ello ha sido posible gracias a las muchas y largas investigaciones que se han venido llevando a cabo desde principios de siglo y aún antes. Hay investigadores que han dedicado treinta, cuarenta y más años, a estos temas.

Analizando esta callada revolución nos encontramos con *datos-acontecimientos científicos* que cada día nos asombran más. Ya en 1967, Francis Crick, neurobiólogo estadounidense, atisbando el futuro inmediato de las investigaciones que él conocía muy bien,

manifestaba: "Lo que ayer todo el mundo creía y lo que usted cree hoy, no lo creerán mañana más que los necios" (Crick, 1967, p.67).

2.3.2.1. El Vitalismo y sus Últimos Avatares

2.3.2.1.1. La Teoría y sus Fundamentos

Francis Crick, alude al *Vitalismo* en su breve, pero densa discusión del tema *Moléculas y hombres* (1967).

Esta teoría es veterana en la historia de la ciencia. En el siglo XVIII, tiene mucho éxito, y ese éxito perdura en el siglo XIX. Esta teoría da por sentado que los fenómenos vitales no pueden ser adecuadamente explicados por las leyes de la Física y la Química, sino que son fruto de una forma de energía llamada '*fuera vital*'. El desmonte de esta teoría ha sido gradual e inexorable, pero no exenta de duras discusiones, e incluso, peleas.

En 1837, el *Vitalismo* recibió un duro golpe. El químico alemán Friederich Wohler y su maestro Justus von Liebig, sintetizan moléculas orgánicas, como el ácido úrico, a partir de elementos inorgánicos. Esta prerrogativa, se creía, era exclusiva de los seres vivos. Visto desde nuestra perspectiva de hoy, con nuestros medios de comunicación, parece ser que el revuelo fue grande y el golpe a la teoría del vitalismo, importante. Pero no por eso se abandona. Muchos científicos prestigiosos acuden a ella buscando cobertura explicativa para fenómenos, como la *conciencia*, que aún siguen sin explicar convincentemente.

Crick cita una argumentación, que sirve de ilustración y defensa del vitalismo. Es el caso de nada menos que un premio Nobel de Física, el estadounidense de origen húngaro, Eugene Wigner. Este científico, basándose en datos inferidos de la mecánica cuántica, y estadísticamente manipulados, aseguró rotundamente que era imposible concebir unos sistemas dotados de capacidad de autoreplicarse.

También cita Crick, la hipótesis de las llamadas '*Leyes Biotónicas*', defendidas por el físico Walter Erlasser. Según este físico, estas '*leyes*', aunque no estén en contradicción con las leyes de la Física, tampoco formarían parte de éstas. Una prueba de ese mundo infranqueable a la experimentación sería la existencia del misterioso fenómeno que llamamos *conciencia*.

Crick reconoce que fue, precisamente, ese querer hurtar a la experimentación ciertos fenómenos tan importantes para todos, lo que espoleó a muchos científicos a una inagotable labor investigativa que tuvo por objeto la *Biología Molecular*. Algunos pretendían comprobar y fortalecer la teoría vitalista, pero otros, *los más*, estaban convencidos de que serían capaces de hallar la prueba de su irrefutable falsedad.

Siguiendo a Crick, se pueden encontrar como argumentos base del *Vitalismo*, los siguientes:

- La creencia de que existe una clara línea de demarcación entre los sistemas animados y los inanimados.
- El segundo, fuente de acalorados debates aún hoy en día, y que no se distingue substancialmente del primero, se basa en el hecho de que es imposible saber cómo se origina la vida en nuestro planeta.
- El tercero, es el argumento de Wigner, que estriba en la imposibilidad de explicar, a partir de las leyes de la Física, la naturaleza de la conciencia y la capacidad de elaborar pensamientos.

Crick desglosa los argumentos científicos que van desmontando las bases en las que se fundamenta el *Vitalismo*.

2.3.2.1.2. La Experiencia Empírico-Experimental

Como observa Crick, a quienes eran contrarios al *Vitalismo*, les guiaba un principio muy simple: '*Cuando los hechos entren por la puerta, el Vitalismo volará por la ventana*'. Veamos algunos de esos hechos, que empezaron a evidenciarse:

- En 1937, y en respuesta frente al primer argumento base del vitalismo, el bioquímico estadounidense Wendell Stanley, demostró que un organismo, el virus del mosaico del tabaco, que posee, como todos los virus, la capacidad de autoreplicarse y de infectar a otros organismos, puede ser cristalizado, sin perder sus propiedades, supuestamente privativas, de los seres vivos.
- Respecto del segundo argumento del vitalismo, la imposibilidad de saber cómo se origina la vida en nuestro planeta, hoy nos encontramos con dos *Teorías*, muy plausibles, y que si no convincentes, al menos, poseen un *valor heurístico* muy considerable. Son:

- *Teoría de la 'Sopa Primaria'*: El promotor y defensor máximo de esta Teoría es el ruso Alexander I. Oparin. En un principio, y desde hace más de 1.500 millones de años, explica Oparin, existían los *procariotes*, unos minúsculos organismos. Dice haberse encontrado estos organismos en estratos geológicos arcaicos. Su análisis ha revelado, según él, que no son substancialmente distintos de las bacterias actuales (Oparin, 1979).

Y explica: A partir de estos *procariotes*, precedentes de los primeros seres vivos, se origina la vida en nuestro planeta por la *interacción casual* de las sustancias orgánicas e inorgánicas, ya presentes en grandes cantidades en los grandes océanos.

- *Teoría de la 'Panspermia Dirigida'*: Entre sus defensores se encuentran científicos tan prestigiosos como Francis Crick, Enrico Fermi, Leo Szilard, Fred Hoyle, Carl Sagan (Sagan, 1979).

Esta *hipótesis* parte como hecho base del '*Big Bang*'. Trata de explicar que la vida en nuestro planeta tiene su *origen* como resultado de *inseminaciones de formas vivientes originarias de otros planetas*, y no necesariamente de nuestro sistema solar. Como explicación dicen que desde que el *Big Bang* diera origen a nuestro universo, pasan unos 15.000 millones de años, tiempo suficiente para que la vida en otras Galaxias, o en la nuestra, alcanzase un grado de desarrollo superior al que actualmente tenemos en la tierra.

Crick, defensor, entre otros muchos, de esta *hipótesis*, cree que no hay que catalogarla como una más de las teorías de ciencia ficción. Piensa, seriamente, que constituye una auténtica teoría científica, aunque tal vez sea un poco prematura.

Gunther Stent, neurobiólogo como Crick, piensa también con él, que la cuestión del origen de la vida y de la conciencia, no difiere substancialmente de la cuestión de la transmisión de los rasgos de individuos de una generación a los de la generación siguiente, problema éste que todavía en el siglo pasado se consideraba imposible de resolver.

Stent dice algo más. Lo mismo que el llamado virus bacteriófago nos proporcionó la clave que nos abrió el acceso al misterio de la herencia, así también la neurona,

unidad elemental del sistema nervioso, nos permitira resolver el enigma del fenomeno de la conciencia (Stent, 1963, Stent, and Calendar, 1978)

- *La Conciencia* Defiende el *Vitalismo*, que la naturaleza de la conciencia y su capacidad para elaborar pensamientos no se puede explicar a partir de leyes físicas

Y aqui el tema se presenta mas dificil aun. La conciencia, es cierto, ha fascinado al hombre desde que supo que tenia conciencia. Y sigue rodeado de misterio. Nadie niega que

- Existen, hoy por hoy, dificultades enormes que nadie se atreve a vaticinar, en voz alta, si algun dia se podran superar
- Se halla rodeado el tema de un *aura emocional* que hace casi imposible investigarlo de modo objetivo y. La realidad evidente es que hoy, la investigacion de la conciencia esta condenada a ser especulativa y expuesta a fuertes influencias provenientes de las convicciones religiosas (o ateas, en su caso), del investigador

Pero hay un hecho basico, sobre el cual hay un acuerdo, que ya supone un gran paso. Este paso ha considerado que en la identificacion de nuestro cerebro, como el organo que elabora, de *manera misteriosa*, tanto las sensaciones que le llegan del mundo exterior, como aquellas que provienen de su propia actividad en el organismo. Y podemos proclamar que somos, a la vez, actores y espectadores de lo que sucede dentro y fuera de nosotros.

2.3.3. NEUROANATOMÍA: INVESTIGACIÓN DIRECTA DEL CEREBRO

Desde las ultimas decadas del siglo XIX, a veces tenian que hacerse de manera un poco solapada, se venian produciendo muchas investigaciones que tenian al cerebro por *objeto directo*. Desde nuestros conocimientos actuales se reconoce que lo hacian de forma un poco rudimentaria, pero, aun asi, estudiaron tanto la estructura como la funcion del *Sistema Nervioso*, y en concreto, del *Cerebro*.

2.3.3.1. Pioneros: Golgi, Ramón y Cajal

La investigacion directa del cerebro, aun hoy en dia, es dificil. En perspectiva historica, y a grandes trazos, nos encontramos con dos figuras en la historia de la Ciencia que son *pioneros* en este estudio del *Sistema Nervioso*. Ambos reciben conjuntamente el premio Nobel en 1906.

En 1871 Camillo Golgi, desarrollo un nuevo metodo de tincion de las celulas cerebrales. Aplico el metodo de *impregnacion de cromo y plata*. Descubrio que las sales de plata, que se podian unir a las superficies de los nervios, y a ningun otro sitio, podian introducirse en el tejido cerebral. Gracias a ese tipo de impregnacion, se distinguian las celulas en sus minimos detalles a traves del microscopio. Sus dibujos encantaron a todo el mundo. Ademias parecian confirmar que una telaraña gigante unia los nervios del sistema nervioso.

En el caso concreto de las *celulas nerviosas*, y gracias a su tecnica, Golgi pudo contemplarlas al microscopio, de color obscuro, ante el fondo dorado-amarillo de los tejidos circundantes.

Ramón y Cajal empleó en sus experimentos la misma técnica de Golgi, complementada con otra de su propia invención, insinuada por uno de sus grandes maestros, Zimarro, basada en la fuerte afinidad de las células nerviosas para la impregnación con sales de metales. Son sistemas que hoy siguen vigentes en el laboratorio.

Gracias a esas técnicas Ramón y Cajal logra *identificar*, tras muchos años de estudio y de acumular datos y más datos, los diferentes millares de poblaciones de *celulas nerviosas*, envueltas en un entretejido extremadamente denso de fibras nerviosas y rodeadas de un número astronómico de células satélites, que forman el cerebro, con aproximadamente 100 000 millones de neuronas y unos *100 billones* de conexiones. Cajal se dio cuenta de que cada nervio era independiente y trazó dibujos de pequeños bulbos al final de las fibras nerviosas individuales. Tenían el aspecto de pequeñas manos que se extendían desde una célula nerviosa a otra para acariciar a su vecina.

Otro *mérito* tuvo Ramón y Cajal. Fue su *metodología* o estrategia de estudio, que se sigue empleando hoy en día. Cajal se dedicó a analizar el sistema nervioso en las primeras fases del desarrollo embrionario. En ese momento del desarrollo, el sistema solamente se compone de unos pocos centenares de células. En esos primeros momentos se puede estudiar al microscopio, la formación de los primeros circuitos neuronales.

Y dentro de esa metodología, otro gran *acierto* de Ramón y Cajal fue el haber empleado el *embrión de pollo*. Pollo y mamíferos difieren en sistema nervioso y en componentes cerebrales. Pero la neurona (en su cuerpo celular), y las fibras que surgen de él, son idénticas a las que forman la base del sistema nervioso de todos los vertebrados, incluido el hombre.

Tras muchas horas de microscopio pudo llegar a afirmar que la formación y la diferenciación de las células nerviosas se desarrollaban según unas leyes, tan rigurosamente constantes e idénticas en todos los individuos de la misma especie que se puede identificar con precisión absoluta el estadio de desarrollo de cualquier espécimen estudiado (Ramón y Cajal, 1909-1911).

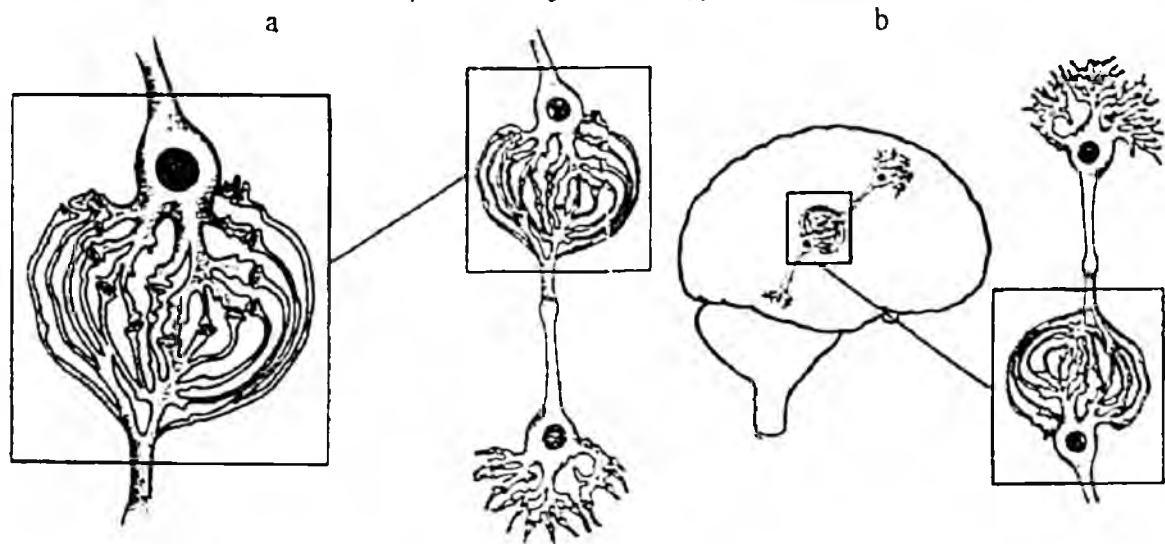
2.3.3.2. 'Teoría Neuronal' vs. 'Teoría Reticular'

Golgi y Ramón y Cajal fueron protagonistas de una agria polémica, no exenta de insultos y enorme envidia por parte de Golgi, que acusó siempre a Cajal, injustamente, de plagio, cuando se ha demostrado que ambos fueron tributarios de esfuerzos anteriores. En medio de esa disputa, ambos fueron perfilando sendas teorías en torno a la estructura del sistema nervioso.

- '*Teoría Reticular*'. Elaborada a partir de las enseñanzas de Schwann. Este propuso que el cerebro estaba compuesto por una inmensa red de células, una telaraña tridimensional, compuesta por millones de cuerdas. Golgi (1883), se afilió a esta teoría. Sostuvo esta teoría que el sistema nervioso estaba formado por células, pero unidas entre sí en una *difusa red anatómica* en la cual las fibras estaban *material e inseparablemente conectadas*.

En esta teoría los impulsos nerviosos viajaban sin interrupción por los circuitos fibrosos, de una población de células a otra, a la manera de como lo hacía una corriente eléctrica en una red de cables metálicos, imagen muy popular por aquella época. Para los neurofisiólogos partidarios de esta teoría, admitir la sinapsis era como admitir la existencia de circuitos abiertos. Y les resultaba difícil ver las corrientes eléctricas circulando por circuitos no continuos.

Figura 2.3.1. a) *Visión de Schwann de las conexiones.* b) *Sinapsis, según Ramón y Cajal*
(Adaptado de Bergland, 1985, pp. 89 y 92)



- '*Teoría Neuronal*': Descubierta y explicada por Ramón y Cajal, y confirmada posteriormente, en algunos casos, hasta en sus mínimas predicciones. Viene a decir esta teoría que la *célula nerviosa* es la *unidad fundamental* del *sistema nervioso*, y las *fibras nerviosas*, llamadas también neuritas, axones o neuroaxones, son como las extensiones filamentosas que conectan entre sí las células situadas a lo largo del eje cerebro-espinal y comunican las células motrices o sensoriales a través de los nervios encefálicos y especiales con los órganos periféricos.

En medio del asombro general llega a proclamar que la neurona es *la unidad anatómica, genética, trófica y funcional* del sistema nervioso.

El sistema nervioso se describe por *primera vez* como compuesto de células, propiedad esta que se había atribuido, ya desde mediados del siglo XIX, a los tejidos vegetales y animales, pero nunca hasta entonces al cerebro.

La teoría neuronal recibió apoyos inmediatos. Wilhelm His, suizo, deja celos al lado, apoya a Ramón y Cajal y formula la teoría neuronal casi al mismo tiempo que Cajal. También la apoyaron los científicos alemanes M. von Lenhosser y W. Waldeyer, quien acuñó el término de *neurona*, en un artículo en 1891, pero sin citar a Ramón y Cajal, descortesía que, por las malas artes empleadas, nunca le perdonó Cajal. Los argumentos aportados por Cajal tuvieron tal peso, que hasta algunos italianos como Ernesto Lugaro y Giuseppe Levi, también se declararon partidarios de la teoría neuronal de Cajal.

La teoría formulada por Ramón y Cajal, antes de imponerse, tuvo que enfrentarse a dificultades.

- La primera, y no pequeña, fue de tipo técnico. Las técnicas histológicas existentes hasta entonces no eran las más apropiadas para la identificación de las unidades celulares, y mucho menos aún, de las células nerviosas. Golgi y Ramón y Cajal desarrollaron las técnicas apropiadas para su tinción y poder verlas. Tampoco los microscopios de entonces eran muy potentes para contemplarlo fácilmente, cosa que, hay que suponerlo, consiguió Cajal en algún momento. Los actuales microscopios ópticos aumentan unas 1000 veces.

- A la dificultad técnica se añade otra, más sutil, y que afectaba a los científicos en su ser social. El cerebro ha estado siempre, y más aún entonces, rodeado de un *aura reverencial*. Era y sigue siendo para algunos un órgano diferente de los otros órganos e inaccesible a un estudio directo. Es decir, el misterio y la reverencia religiosa, jugaron largo tiempo a favor de la Teoría oponente, la '*Teoría Reticular*'
- La Teoría Reticular, defendida por Golgi y esgrimida por él, y sobre todo por sus seguidores (Virchow, Apathy, Bethe...), como un dardo contra Ramón y Cajal

Comenta la Dra. Rita Levi-Montalcini (1988), que en 1949, con motivo de una Conferencia en Chicago, se encontró, a quien ella considera el último defensor de esta teoría reticular, a Jan Bocke. Le describe como personaje con porte orgulloso, ojos azules profundos y, en su expresión, un tanto fanático

A pesar de estas dificultades, la '*Teoría Neuronal*', se aceptó por la inmensa mayoría de los neurobiólogos. Unas tras otras se fueron aportando confirmaciones a las intuiciones geniales de Ramón y Cajal. Aún hoy en día, los neurocientíficos más prestigiosos citan admirados y con cariño a Cajal. Entre las *intuiciones*, que todos destacan, encontramos

- Cada célula constituye una *unidad independiente*
- Los cabos de sus fibras no poseen ninguna conexión material con dichas células. Se hallan separadas de estas, por unos espacios, *tan ínfimos*, que pueden inducir a error aún al más concienzudo investigador que use hoy el microscopio óptico, como confiesa Levi-Montalcini (1988)

El fisiólogo inglés C. S. Sherrington (1906), quien desempeñó en Neurofisiología, lo que Ramón y Cajal en Neuroanatomía, dio a esos espacios el nombre actual de *sinapsis*, que en griego significa '*contacto*'

Y gracias al microscopio electrónico, que amplía hasta cien mil veces, se puede apreciar la *sinapsis*, cuyo tamaño no supera nunca los 300 Angstrom (unidad de longitud igual a 10^{-10} de milímetro). Todos estos datos científicos han ido confirmando la '*Teoría Neuronal*' (Ramón y Cajal, 1899-1904; 1952).

2.3.4. NEUROFISIOLOGÍA: FUNCIONES CEREBRALES

Tras la muy dificultosa, pero en realidad rápida aceptación de la '*Teoría Neuronal*', a los neurofisiólogos se les planteó el problema de determinar si diferentes zonas de la *corteza cerebral* desempeñaban funciones diferentes o eran el resultado de la actividad de la corteza entera

2.3.4.1. Broca, Wernicke

A mediados del siglo XIX, el neurofisiólogo francés Paul Broca observó que las lesiones en la 3ª circunvolución frontal del hemisferio cerebral izquierdo provocaban *afasia*, (imposibilidad para expresarse por medio del lenguaje hablado). Desde entonces se conoce como '*zona Broca*' (Broca, 1861; Springer, and Deutsch, 1985, pp 20-23)

Por la misma época, poco después de los hallazgos de Broca, el neurólogo alemán Carl Wernicke localizó la zona donde se ejerce la capacidad para comprender el lenguaje hablado.

(como capacidad opuesta a la de hablar). La situó en una circunvolución del lóbulo temporal, del mismo hemisferio izquierdo (Wernicke, 1874).

2.3.4.2. Siglo XX: Lashley, Weiss, Roger Sperry

Karl Lashley, psicólogo experimental, con sus innumerables experimentos, realmente innovadores, y su amplio magisterio, marcó toda una época. Desde la perspectiva bajo la que estamos hablando son relevantes las series de estudios para descubrir la capacidad de las ratas adultas para reconocer y resolver problemas específicos, antes y después de ser sometidas a la ablación/extirpación de ciertas partes de la corteza cerebral. Estudió la capacidad de dichas ratas para aprender y recordar laberintos de hasta tres niveles de dificultad (diferentes callejones sin salida) (Lashley, 1924).

Fundamentado en sus experimentos, formuló los principios de *efecto de la masa* y de *equipotencialidad*, y llegó a la *conclusión*: La capacidad de aprender no puede ser localizada en zonas bien definidas de la corteza, sino que es más bien el resultado de su actividad global. La corteza actúa como un todo. Todas las áreas intervienen al mismo tiempo (*principio de equipotencialidad*). Había observado, también, que ablaciones pequeñas no afectaban apenas a las capacidades. La cantidad de corteza extirpada tenía una importancia crítica. Por el contrario, esas capacidades se veían seriamente afectadas, e incluso, se perdían, si la extirpación era muy extensa (*efecto de la masa*) (Lashley, 1931; 1932).

Estas conclusiones, de un psicólogo, recibieron un cierto apoyo, dentro del campo de la Psicología, por parte de una teoría, muy de moda en los largos años en que Lashley estuvo publicando sus informes.

La '*Teoría de la Gestalt*', de moda en los años 30, formulada y defendida por el psicólogo alemán Wolfgang Köhler (Köhler, 1929; Köffka, K., 1935), venía a decir algo parecido a lo concluido por Lashley. Para Köhler las impresiones perceptivas son el resultado de una suma espacial y temporal de estímulos provocados por elementos sensoriales individuales. Es del conjunto de esos estímulos, y no de cada uno por separado, cómo el individuo se forma idea global del mundo y de los acontecimientos que envían sus diferentes mensajes al cerebro.

Paul Weiss (1937), con sus estudios neuroembriológicos, apoya también las conclusiones de Lashley. Primero en Alemania, y luego en EE UU, Weiss aplicó las técnicas provenientes de la embriología experimental, disciplina que nació a finales del siglo XIX y que tenía sus técnicas en pleno desarrollo ya a principios de siglo.

Weiss, trató de explicar los mecanismos que entraban en juego en la distribución de las fibras nerviosas entre los diversos órganos periféricos. En esta labor se encontró con dos teorías al respecto:

- Una afirmaba que el crecimiento de las fibras, y su conexión con las células de los tejidos periféricos y los órganos, era el resultado de un programa preestablecido que no podía ser modificado por influencias ambientales.
- La otra, decía que este proceso se producía de manera no predeterminada, y recibía su forma de los órganos receptores. Eran éstos los que provocaban las especializaciones.

Ante esta disyuntiva teórica, Weiss se inclinó por la 2ª formulación. Su labor experimental fue inmensa y muy compleja. Empleó hasta medios cinematográficos para observar las contracciones de músculos suplementarios, implantados por él. Estas

implantaciones las lleva a cabo con larvas de anfibios y en especímenes plenamente desarrollados (Weiss, 1940).

Weiss encontró que esos músculos implantados respondían, según sus diferentes características físico-químicas, sólo a aquellos impulsos nerviosos que su constitución les permitía recibir (Weiss, and Hiscoe, 1948).

La concepción de Weiss se basó en el *estudio de la motilidad de miembros implantados*, que resultaba ser sincrónica e idéntica a la de los miembros análogos del huésped.

De todas sus series de experimentos, concluyó Weiss que el crecimiento y la ramificación de las fibras nerviosas no estaban predeterminados, sino que obedecían a la influencia del órgano enervado (Weiss, 1957).

Estuvo de acuerdo con Lashley en atribuir a las células, a los circuitos de neuronas y a los tejidos nerviosos, una capacidad casi ilimitada de adaptación a los estímulos ambientales, tanto en el sistema nervioso central como en el periférico.

Roger Sperry, premio Nobel en 1981 por sus estudios sobre la especificidad neuronal y la función de los dos hemisferios cerebrales, fue discípulo de Lashley y Weiss. Bajo la supervisión de sus maestros y protectores y luego por separado, dedica su vida a las neurociencias y sobre todo a la Psicología y al estudio de la distribución de las fibras nerviosas y sus funciones entre los nervios periféricos y los conjuntos de fibras intracerebrales (Sperry, 1940, 1942; 1943; 1945).

Trabajó al principio con ratas. Estudió en ellas la conducta con nervios seccionados, y luego conectados con músculos de función opuesta, como los músculos extensores y flexores de las extremidades inferiores.

Basado en sus estudios biológicos y de conducta, refutó categóricamente la teoría de Lashley y Weiss, según la cual, las fibras crecen y se regeneran de modo enteramente accidental (Sperry, 1959).

Los *resultados* de Sperry, confirmaron el principio ya formulado por Ramón y Cajal, pero aún sin confirmación experimental. Según Sperry se confirmaba que las fibras nerviosas se rigen, durante su crecimiento y los procesos regenerativos, por un programa genético rigidamente predeterminado. Esa codificación fija la dirección de las conexiones formadas con otras células nerviosas en los centros nerviosos, o con los tejidos y órganos de la periferia (Sperry, 1961).

Los *resultados* con vertebrados, tanto inferiores como superiores, le demostraron, irrefutablemente, que la formulación de las conexiones sinápticas no se producían de modo confuso y caótico, sino conforme a un principio de alta selectividad.

2.3.4.3. La Neurofisiología

Es la rama de la *Ciencia* que analiza las funciones del *sistema nervioso*. Su mayoría de edad se produce en los años 20 gracias a la labor pionera de varios científicos.

2.3.4.3.1. El Osciloscopio: Edgar Adrian y John Eccles

La *Neurobiología* experimenta un nuevo giro con el uso del '*Osciloscopio de Rayos Catódicos*', instrumento que, combinado con una cámara fotográfica, permitía registrar la imagen, dibujada en la pantalla, de la actividad eléctrica, bien espontánea o inducida de modo exógeno, de las células nerviosas, tanto individuales como en grupo.

La función del *osciloscopio* es variada. Amplifica la señal recibida y la visualiza en la pantalla. Gracias a sus potencialidades se puede '*fijar*' la actividad nerviosa de los centros particulares en condiciones específicas y elegidas por el experimentador.

Fue el fisiólogo inglés Edgar Adrian, quien desde 1925 empezó a emplear el Osciloscopio con esas finalidades. El hecho se reveló de relevancia histórica inmensa. Este instrumento posibilitó el investigar los mecanismos de los que se originan los impulsos nerviosos, así como sus desplazamientos a lo largo de las fibras nerviosas.

Adrian contó además con una técnica desarrollada por John Eccles (1953; 1964; 1965, 1973). Este científico había conseguido la técnica de '*empalar*' células nerviosas. Esta técnica posibilitó el estudio, mediante el Osciloscopio, de la generación y conducción del impulso nervioso.

2.3.4.3.2. La Batalla entre 'La Sopa' y 'La Chispa'

Los problemas en la investigación se encadenan unos con otros. Resuelto uno, surge otro. Pero así es la ciencia experimental. Estudiado el impulso nervioso, su origen y transmisión, nos encontramos con el hecho de la *sinapsis*. El microscopio electrónico confirma la existencia de la *sinapsis*. Puede aumentarlas hasta 100 000 veces. Las primeras fotografías de las fibras nerviosas, realizadas con el microscopio electrónico pudieron verse en 1958 (De Robertis, 1958). Era la primera demostración de la existencia de la brecha sináptica. En ellas apreciaron las vesículas, almacenando neurotransmisores. Y surgió el problema. El impulso nervioso, al llegar a la terminación de la fibra, que se halla en estrecha yuxtaposición con la célula receptora, se transmite a esta a) ¿por medio de transmisión eléctrica, es decir, produciendo *chispas* de una neurona a otra?, o, b) ¿por transmisión química?

Se enfrentaron así dos posturas en un *debate* que entre los científicos fue conocido como la '*Batalla entre 'La Sopa' y 'La chispa'*', entre Física y Química, entre electricistas y químicos. La '*batalla*' continuó desarrollándose con enorme calor durante muchos años, hasta que fueron descubriéndose los neurotransmisores, su naturaleza y sus funciones.

2.3.5. LOS PRIMEROS NEUROTRANSMISORES: BREVE HISTORIA

2.3.5.1. Primera Etapa, antes de los años 60: Modelo Cerebral, los Engramas y el ADN

Antes de los años 60, imperaba en *Neurofisiología* un *modelo* de interpretación de la actividad del *sistema nervioso* muy de acuerdo con los adelantos tecnológicos de los años 20. Estos adelantos venían impulsados por la aplicación masiva de la electricidad, y el desarrollo del teléfono.

El funcionamiento del *cerebro* se concebía como el de una *gran central telefónica*. Los impulsos nerviosos que circulaban por las sinapsis, se creía, y resultaba para muchos lo más racional, tenían que ser estrictamente de naturaleza eléctrica.

Acordes con el modelo y la teoría se formuló la *hipótesis* de los *Engramas*.

Karl Lashley, y otros científicos prestigiosos, quemaron más de 20 años de sus vidas en el empeño de comprobar la existencia de almacenes específicos de memoria. Trabajaron con ratas a las que se les hacía aprender a salir de un laberinto. Posteriormente les extirpaban partes selectivas del cerebro. Las operaciones del cerebro producían todo tipo de déficits del

movimiento. Y a pesar de ello los animales no olvidaron lo que habían aprendido: Siempre lograban encontrar su camino a través del laberinto. A esas hipotéticas unidades de almacenaje las llamaron *engramas*. Dichos engramas tenían que consistir, según sus numerosos defensores, en una especie de registros eléctricos, a la manera de sellos, o tampones, sobre los cuales se fundamentarían las funciones cerebrales, como la memoria, el aprendizaje, etc (Lashley, 1935; 1963).

Pero esta *hipótesis* nunca llegó a recibir comprobación experimental. No encontró en sus ratas almacenes de la memoria y Lashley reconoció su fallo. Esto le llevó a exclamar, un poco desolado, que algunas veces sentía, después de revisar la evidencia sobre la localización de la memoria, que la conclusión necesaria tenía que ser que el aprendizaje no era posible.

Esta falta de resultados fiables, suscitó muchas dudas y nuevos interrogantes. Así es cómo se empezó a hablar de que la forma de transmisión sináptica, tal vez, fuera de naturaleza química. Y surgieron las dos posturas, enfrentadas, que se defendieron con calor por parte de sus correspondientes partidarios, y que queda ya reseñada. La nueva sugerencia fue muy importante para quienes más tarde afirmarían que la memoria era un proceso 'holográfico' (Lashley, 1949).

Y no es sólo por la falta de resultados fiables, sino que también, el comienzo del nuevo modelo cerebral, y con él la polémica, se produjo con todo su vigor, a partir del sencillo anuncio que protagonizaron Watson y Crick del nuevo diseño del *ADN*, a principios de los años 50. La publicación les ocupó una sola página, pero se convirtió, a juicio de muchos, en el artículo científico más importante del siglo XX (Watson, and Crick, 1953).

El *ADN*, hablando en términos constructivos y sencillos, es como una fábrica donde se producen ladrillos, pero que a su vez está hecha de ladrillos. También nos lo podemos figurar como una máquina, capaz de autoreproducirse, pero a gran escala, ya que en el cuerpo humano todo son variantes del *ADN*, realizadas por el propio *ADN* (Watson, 1968).

Aún más. En términos informáticos, el *ADN* es como un *gran ordenador* con millones de *bytes* energéticos. Al menos, más inteligentes que una simple molécula de azúcar. Y eso que el *ADN* sólo son cadenas compuestas de azúcar, aminas y otros componentes sencillos, pero con una gran capacidad para recombinarse y generar productos diferentes. Por eso la gran pregunta es, ¿de dónde le viene esa capacidad? (Watson, and Tooze, 1981).

2.3.5.2. *Primeros Neurotransmisores*

2.3.5.2.1. *Estudio Estructural inicial*

El descubrimiento de los primeros neurotransmisores se produjo en los años 20. En 1924 en Alemania, Otto Loewi encontró una sustancia química que modificaba el ritmo cardíaco. La llamó '*substancia vagal*', porque surgía del nervio vago. Los químicos la analizaron y la identificaron como acetilcolina. En 1934, Dale y Feldberg descubrieron la presencia de acetilcolina en sinapsis neuromusculares. Dos años más tarde Feldberg y Dale publicaron, por separado, sendos artículos donde hablaban de la neurotransmisión química. Pero fueron Dale y Foewi quienes compartieron Premio Nobel por la neurotransmisión química. Era la primera sustancia relacionada con la electricidad. Pronto se empezó a hablar de la adrenalina, noradrenalina y serotonina. Para Dale y sus colegas estos neurotransmisores eran producidos por los nervios y conducidos a las sinapsis. Allí eran por fin liberados. Al ser liberados se producía una señal eléctrica de un nervio a otro. Y esta fue la idea que se mantuvo unos 40 años. A las neuronas se las clasificó como especializadas en un solo neurotransmisor. Era un esfuerzo por tratar de combinar electricidad y neurotransmisión, física y química.

El comienzo del cambio de posturas teóricas respecto a la naturaleza de la transmisión sináptica se produjo con el estudio estructural y funcional del *ADN*, situado en los cromosomas que forman parte del núcleo de las células (Shepherd, 1983).

El estudio sobre la naturaleza y funciones del *ADN* llevó a descubrir que era él la fábrica productora, entre otros muchos, de unas extrañas sustancias que pronto se bautizaron con el nombre de neurotransmisores.

En una primera explicación, puramente descriptiva, se dijo de esas sustancias, que se originaban en el *ADN*, eran de naturaleza química, y, además, muy abundantes.

Esos fueron los comienzos. Estudios más profundos revelaron que esas sustancias nuevas pertenecían al grupo de los aminoácidos, debido al nitrógeno. Los primeros neurotransmisores fueron la *Acetilcolina*, la *Norepinefrina* o *Noradrenalina*, y la *Dopamina*.

Estructuralmente eran casi parecidos y muy simples. Todos ellos presentaban características distintas, lo que se traducía en que eran mensajeros de noticias diferentes.

Los *neurobiólogos* y *neurofisiólogos* se encontraron con la sorpresa, al analizar los neurotransmisores, que estas moléculas no eran nada del otro mundo. Su estructura se encontraba contenida en las de las proteínas. Esperaban encontrar sustancias complejas, indescifrables, y se encontraron con unas sustancias que eran fragmentos de las mismas proteínas. Se sabía ya que las proteínas eran sustancias compuestas por cadenas de aminoácidos que se ordenaban en largas trenzas llamadas péptidos.

Pero los neuropéptidos, aunque salían de la misma fábrica que los demás péptidos, eran distintos. La fábrica eran los mismos *ADN*. Estos eran las fuentes primarias que, a través de los ARN, manufacturaban todas las proteínas que eran las encargadas de reparar las células, constituir otras nuevas, sustituir piezas que faltan o cambiar los elementos defectuosos provenientes de la decodificación genética, curar los cortes y las contusiones y asumir otras funciones.

2.3.5.2.2. *Primeras 'Funciones Asignadas' a los neurotransmisores y 'Modus Operandi'*

Según el modelo operante aún en los años 60, solamente eran necesarios dos tipos de neurotransmisores: *unos*, a quienes se les asignó el papel de *agentes estimuladores* de cualquier célula, estuvieran cerca o lejos; *otros*, para quienes se les reservaron las *funciones de inhibición*.

Según eso, las dos sustancias químicas del cerebro podrían ser la *Acetilcolina* (para la *función estimuladora*), y la *Noradrenalina* (para la *función de frenado*). Ambas tendrían que desarrollar, así se pensaba, las funciones que, según el modelo, eran necesarias para el funcionamiento de los organismos. Se inspiraron en la extrapolación del modelo funcional de la mayor parte del organismo: la musculatura, se contrae o se relaja; los nervios, transmiten, o no transmiten, en un lenguaje binario.

Los ordenadores, en pleno desarrollo y auge por esos años, operaban básicamente según este tipo de combinaciones binarias y, aparentemente, así tendría que actuar también el cerebro.

Como cabría esperar, surgieron nuevas y atrevidas interpretaciones. El *debate* conocido como *La Batalla entre 'La Sopa' y 'La chispa'* terminó, por fin, con el descubrimiento de nuevos transmisores, y, con ello, el modelo de la central telefónica terminó por resquebrajarse totalmente. Ya no servía, pues no explicaba ciertos datos. Así fue cómo la teoría de la transmisión eléctrica en la sinapsis, y la de los engramas, quedaron arrumbadas y se reconoció ya, que, la transmisión interneural del impulso nervioso desde la fibra hasta la célula nerviosa activada (o inhibida), en la mayoría de los casos, se producía por medio de la secreción de un

neurotransmisor, que era de indole química, mientras que en un número limitado de casos, y especialmente en el sistema nervioso de los invertebrados, se efectuaba por vía eléctrica.

Con esta proclamación dio comienzo una revolución callada, de incalculables consecuencias para la ciencia de la Neurología. El descubrimiento de los nuevos transmisores significó un hallazgo de primera magnitud en la investigación cerebral. Surge la Neuroendocrinología. Muchos neurocientíficos creen que ningún acontecimiento de la biomedicina reciente ha sido tan revolucionario como este descubrimiento de los neurotransmisores.

Por el momento se han ido identificando más de 45 neurotransmisores y neuropéptidos, con sus correspondientes inhibidores, y se tiene el convencimiento de que aún se descubrirán y aislarán algunos más. Los encontrados consisten mayormente en aminoácidos. Por el momento se acepta como doctrina común que el cerebro es un complejo órgano endocrino que libera gran cantidad de hormonas. Y tras 200 años de adhesión científica a la electricidad cerebral se ha pasado al interés por el cerebro como productor y consumidor de hormonas.

Todos ellos pueden fabricarse en un lado de las sinapsis entre neuronas y cuando 'cruzan' estas sinapsis, todos tienen su sitio en los receptores ubicados al otro lado de las sinapsis, adaptándose a esos receptores como se adapta una llave a una cerradura (Bloom, 1981).

La neurona individual se considera ya, por tanto, como un generador de mensajes, que no sólo dice si o no, como un ordenador. Se puede pensar que el léxico del lenguaje cerebral es mucho más amplio e incluye miles de combinaciones de señales separadas, y puede, incluso, que sean casi infinitas, ya que siguen descubriéndose nuevos neurotransmisores. Y cada nuevo neurotransmisor aumenta las posibles combinaciones a cifras astronómicas.

2.3.5.2.3. *Un Paso más: Los OPIÁCEOS*

Las primeras incógnitas se fueron despejando. Una de ellas, de las más importantes. Las funciones que antiguamente se suponía tenían lugar en el cerebro, se iban asociando, poco a poco, a neurotransmisores específicos.

El descubrimiento causante de todos estos cambios se produjo a mediados de los 70, con la aparición en escena de los *opiáceos* y otras sustancias relacionadas con ellos. Hasta ese momento se creía en la existencia de dos sistemas químicos. Estos eran responsables de la coordinación de la actividad cerebral y del sistema cerebro-cuerpo, respectivamente. Se hablaba de neurotransmisores y de hormonas.

La '*asignación de funciones*' y el '*modus operandi*' de estos sistemas se creyó que eran básicamente distintos.

Descubrieron que los llamados neurotransmisores que se conocían consistían en pequeñas moléculas formadas por cadenas de unos pocos aminoácidos. Su acción, dada su función, era muy rápida, del orden de milisegundos, y se desplazaban por distancias muy cortas, de una neurona a otra, atravesando la sinapsis.

Las *hormonas*, por el contrario, eran moléculas muy complejas, que estaban compuestas por cadenas de centenares de elementos. Eran segregadas por las glándulas endocrinas (por ejemplo: la timosina, segregada por el timo, o la adrenalina, por las glándulas adrenales). Estas moléculas viajaban solamente a través del torrente sanguíneo. A veces, cubrían grandes distancias hasta alcanzar objetivos lejanos, en comparación con la distancia que recorrían los neurotransmisores, el espacio sináptico, que resultaba ínfimo (una veintimillonésima de milímetro, media de 200 Ångstrom). Las hormonas, por el contrario, no actuaban con la rapidez de los neurotransmisores, sino que requerían un tiempo que variaba de

unos segundos a horas enteras. Los cambios que inducían causaban transformaciones complejas en las células afectadas, siendo, además, cambios de larga duración.

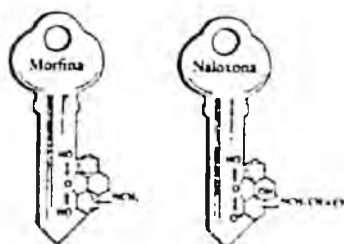
Pero en 1975 se anunció la existencia de los opiáceos cerebrales y sustancias relacionadas y, con ese descubrimiento, esa estricta división, en estructura y funciones, entre neurotransmisores y hormonas comenzó a quedarse sin apoyo científico.

Este descubrimiento surgió en el contexto de la polémica sobre el tema de la resistencia al dolor. En EE.UU. se prohibió el uso del opio como droga contra el dolor. Esta prohibición estimuló a los farmacólogos a la búsqueda y síntesis de drogas para simular el efecto del opio, pero que no tuvieran sus efectos adictivos, causa principal de la prohibición. Todo este contexto se puede descubrir en el libro de S. Rose, *The conscious Brain* (1971).

La chispa la provocó el estudio exhaustivo de la naloxona, droga sintetizada por los años 50, y muy similar, en su estructura, al opio. Pero a pesar de su semejanza, no calmaba el dolor. Como una llave encajada en una cerradura estropeada, no dejaba funcionar al opio, y tampoco abría la puerta. Hoy, a esas puertas, los biólogos las llaman receptores opiáceos. La naloxona queda así identificada como uno de los bloqueadores de receptores.

El proceso seguido con el estudio de la naloxona y el descubrimiento de receptores opiáceos en el cerebro, puede situarse en 1973, en Palo Alto, California. El farmacólogo Avram Goldstein, al frente de un buen equipo, logró demostrar la presencia de tales receptores en cerebros de animales. Tuvo que homogeneizar cerebros y los colocó en un filtro. Hizo a continuación pasar distintas drogas a través de la masa homogeneizada. Hipotetizó que las drogas sin receptores propios, pasarían el filtro y se recuperarían. Las que tuvieran receptores propios quedarían enganchadas en sus receptores. Si ocurría esto, impregnadas de isótopos radiactivos marcarían el rastro seguido. Su hipótesis tuvo éxito. Tras muchas pruebas y contrapruebas con naloxona y heroína encontró los hipotetizados receptores opiáceos, y validó la técnica empleada (Goldstein, Lowney, and Pal, 1971).

Figura 2.3.2. Estructura de la Morfina comparada con la Naloxona
(Tomado de Bergland, 1985, p.127)



Y a continuación del equipo de Goldstein, otros equipos de científicos en Baltimore, Nueva York y Suecia, fueron localizando en unos meses receptores opiáceos en lugares muy específicos del cerebro.

La explosión se produjo en 1975. John Hughes y Hans Kosterlitz, en Aberdeen, Escocia, estaban trabajando en esta línea de investigación. Conocían la primera descripción del bioensayo que los investigadores utilizaban para comprobar la existencia de actividad opiácea (Paton, 1957). Y esta prueba es la que ellos utilizaban. Trabajaban con cerebros de cerdos. Un buen día descubrieron la actividad opiácea en unas poblaciones de moléculas cerebrales. Lo describieron en un importante informe que sólo firmó Hughes (1975).

Encontraron el péptido y lo aislaron. Lo llamaron encefalina. Pero su secuencia era difícil de desentrañar. Y necesitaban conocer su estructura química. Estaban seguros que su código les explicaría cuál era su función dentro del cerebro. Esta labor se la encargaron a

Howard Morris, analista químico del Imperial College de Londres. En un tiempo récord les suministró lo que buscaban. Su encefalina no era otra cosa sino una mezcla de dos péptidos, cada uno formado por cinco aminoácidos. A uno de ellos, lo llamaron Met-encefalina, por contener metionina, y al otro, Leu-encefalina, por llevar leutina.

Figura 3.3.3. a) Met-encefalina, y b) Leu-encefalina
(Tomado de Bergland, 1985, p.130)



Los péptidos eran ya muy conocidos. Hasta dos premios Nobel se habían dado antes de este descubrimiento. Pero los péptidos conocidos surgían en el cerebro y se dirigían a objetivos distantes de él, no al cerebro mismo. Por eso las encefalinas presentaron una importantísima novedad: *Estas hormonas cerebrales estaban destinadas al mismo cerebro*. Lo certificaba la presencia de receptores opiáceos dentro del mismo cerebro.

Hoy se sabe que los péptidos están formados por cadenas de aminoácidos. Estos son 20, y se comportan como las letras del alfabeto. Combinándose y recombinándose forman los péptidos, que son, unos cortos (con varios aminoácidos), y otros largos, que pueden combinar hasta varios cientos. La dificultad que ofrecen todos ellos, unos más y otros menos, es el aislar y desentrañar su secuencia. Esta dificultad queda patente con la descripción que hace Guillemin, en nombre de su equipo, de su trabajo en la búsqueda de esos objetivos. "Manejamos cerca de cinco millones de fragmentos hipotalámicos procedente de ovejas. Puesto que el cerebro de una oveja tiene un peso húmedo de unos 100 gramos, esto significa que procesamos 50 toneladas de tejido cerebral. Finalmente, en 1968 se obtuvo un miligramo de una preparación de TRF" (Guillemin, Burgess, and Vale, 1971)

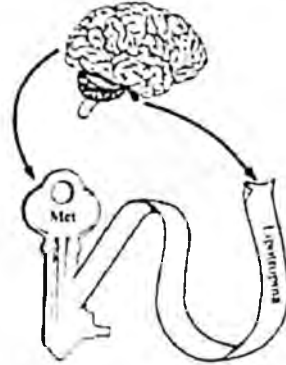
La secuencia peptídica de la encefalina demostró que era una hormona peptídica similar en todos los aspectos a las hormonas producidas por muchas glándulas del organismo.

Unos de los estudios sobre los péptidos más dignos de reseña, son los realizados en San Francisco, por C. H. Li, y su equipo, a principios de los años 60 (Li, et al. 1965). Se centraron en el estudio de las hormonas de la glándula pituitaria. Lograron recuperar varias, y desentrañar sus secuencias: *Prolactina*, hormona con 119 aminoácidos; *Hormona del Crecimiento*, con 195 aminoácidos; y *Lipotropina*. En 1965 desentrañaron la estructura completa de esta última: 92 aminoácidos. Y en 1975, tras el descubrimiento de Hughes y Korstelitz se dieron cuenta, de forma casual, de que la secuencia molecular de la hormona cerebral encefalina estaba presente en la lipotropina pituitaria. Lo cuenta estupendamente Lewin (Lewin, 1976).

Se creyó que su función era de reguladora de los lípidos, pero esta función parece que se dejó de lado cuando, a raíz del descubrimiento de Hughes y Korsterlitz, se dieron cuenta de que en la secuencia de la lipotropina se encontraba también la met-encefalina. Era una nueva

evidencia de que el cerebro estaba produciendo sus propias hormonas, y que hormonas idénticas a aquellas estaban siendo sintetizadas por otras glándulas.

Figura 2.3.4. Lipotropina, cuyo análisis descubre met-enkefalina en su secuencia
(Tomado de Bergland, 1985, p.131)

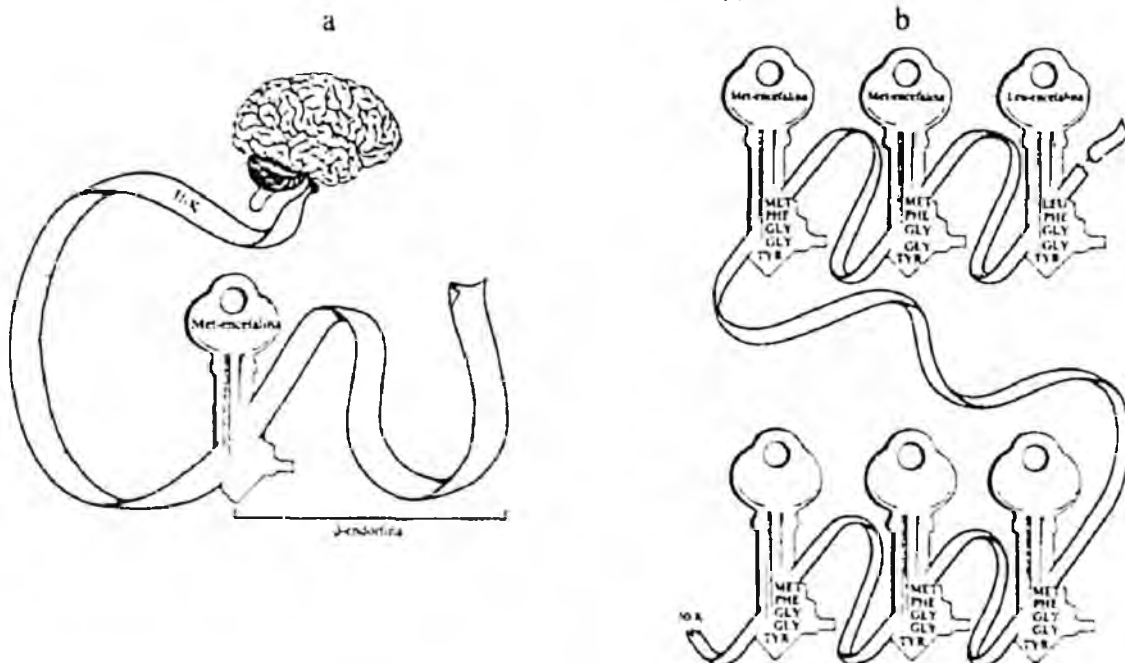


En análisis posteriores encontraron en la lipotropina otro péptido opiáceo. Lo llamaron β -encefalina, o endorfina, muy semejante a la encefalina. Era más grande y se encontraba también en regiones muy distintas y alejadas del cerebro. Pero era una hormona pituitaria.

Todos estos descubrimientos suscitaron el entusiasmo y el interés por la lipotropina. Pronto descubrieron que la lipotropina no era sino un fragmento de otra mucho mayor. Calcularon su peso y lo cifraron en 31.000 daltons. Desde entonces se habló de la *prohormona 31-K*, o *pro-opiomelancortina*, sintetizada por el cuerpo y después fragmentada en partes más pequeñas, que tienen cada una función específica.

En esta cadena de descubrimientos se encontraron con otra pro-hormona aún mayor que la 31-K. La detectaron en la glándula adrenal. La llamaron 50-K. Su secuencia es semejante a un collar enorme de cuentas. Y en esta *pro-hormona* encontraron varios fragmentos de encefalina encadenados (Noda, et al., 1982).

Figura 2.3.5. a) Prohormona 31-K; b) Prohormona 50-K
(Tomado de Bergland 1985, pp. 133-134)



Se encontraron, así, que la endorfina y la encefalina, semejantes, pero con receptores distintos, se hallaban como almacenadas, una, en la *pro-hormona 31-K*, y la otra, en la *pro-hormona 50-K*.

En su análisis descubrieron que los *opiáceos* eran neurohormonas naturales similares a la morfina y otros opiáceos que actuaban como *analgésicos* interiores y/o con propiedades euforizantes. Las consecuencias del descubrimiento no se hicieron esperar. Pronto se supo, y se difundió rápidamente, que nuestro cerebro genera narcóticos hasta doscientas veces más potentes que cualquier producto vendido en las farmacias, con la ventaja de que no creaban adicción. Actuaban fijándose sobre localizaciones receptoras específicas de la membrana de las células nerviosas situadas en el interior del cerebro. Ambos neurotransmisores, *encefalinas* y *endorfinas*, constituyen los opiáceos naturales del cuerpo. Pronto se descubrió, también, que se acoplaban a los mismos sitios del cerebro a los que se unían los agentes activos de ciertas drogas, como el opio, la morfina, la heroína y otros opiáceos que causan adicción.

Los análisis se sucedieron rápidamente, y se descubrió que los *opiáceos*, calificados por algunos como '*las llaves del paraíso*', servían, dentro del organismo, para múltiples propósitos: Colocados en esos receptores específicos, podían actuar como analgésicos o como sustancias euforizantes; podían eliminar el estrés, aliviar el dolor, causar sensaciones de placer, o producir un profundo efecto tranquilizador.

Los científicos fueron aclarando, al fin, algunas incógnitas con el tema de los *opiáceos*, pero les surgieron otras, algunas de ellas, muy relacionadas con el funcionamiento de los mismos *opiáceos*. Porque, se preguntaron, ¿cuál es la actuación de los *placebos*?

Las complicaciones y frustraciones que les provocó el funcionamiento de las *encefalinas* y las *endorfinas* se extendió también a los demás neurotransmisores.

La primera complicación les provino al observar la gran versatilidad, y algunos se atrevieron a decirlo, su gran poder creativo. De las investigaciones se desprendió que una neurona no se conformaba simplemente con recibir una señal de una neurona cercana y transmitirla, sin más, a las siguientes sinapsis. Esa puede ser sólo una de las miles posibles opciones. Es cierto que los axones transmiten impulsos eléctricos. Pero éstos son conocimientos muy gruesos. Pero aún no sabían, '*con precisión*', de qué manera las neuronas codificaban y decodificaban los mensajes químicos. Se suponía que el proceso tendría que ser muy flexible. Y se suponía esto porque la neurona era capaz de cambiar el mensaje en camino transformando la sustancia química que recibió en el *receptor A*, en otra sustancia química distinta en el *receptor B*. Los receptores, situados en los extremos de cada neurona, también eran capaces de modificarse a sí mismos para recibir distintos tipos de mensajes. La estación de envío del otro lado de la sinapsis era igualmente muy versátil (Pert, 1981).

2.3.5.3. Problemas Cerebro-Cuerpo, Mente-Cuerpo: Nuevas Interpretaciones

Con estos datos reseñados y otros muchos, volvió a surgir con fuerza la '*Teoría del Control de Puerta*', entre endocrinólogos y científicos del cerebro, deslumbrados todos ellos por los opiáceos y la electricidad. Pero en esta discusión las cosas aparecían cada vez más alineadas en una clara dirección: El cerebro era una glándula y el comportamiento estaba modulado por las hormonas. La electricidad jugaba un gran papel. Se le atribuía la función de vehículo portador. Pero la información la llevaban las hormonas. Y un dato más que reforzó este presupuesto, para muchos ya indiscutible. Desde 1969, se venía empleando el llamado '*Tail-flick Test*' (Test de Sacudida de la Cola). Se diseñó en el contexto de la búsqueda-investigación de la localización de '*puertas*' en el interior del cerebro. Trabajaban con ratas, con electrodos implantados en el cerebro y colocadas después en jaulas para el '*Tail-flick*'.

Test. Descubrieron un punto en el mesencéfalo que cerraba bruscamente las puertas. Estimulado eléctricamente ese punto, las ratas no sentían el dolor, aplicado en forma de calor intenso en la cola que sobresalía de la caja (Reynolds, 1969; Yates, et al., 1971).

Ese mismo experimento se replicó en 1976. Lo dirigió Huda Akil (Akil, Mayer, and Liebeskind, 1976). Añaden el uso de naloxona. Comprobaron una y otra vez, que la estimulación del mismo punto en el mesencéfalo no producía el efecto ya comprobado, si previamente se administraba naloxona a las ratas. Es decir, que en esa situación, las ratas si que sentían el dolor de un calor intenso, pero sin quemarlas, y sacudían la cola para tratar de evitarlo. Se concluyó que el alivio del dolor no procedía del cerrado eléctrico de puertas. Tendría que ser alguna hormona de tipo opiáceo, liberada por la estimulación eléctrica. Luego tenía que ser la hormona y no la corriente eléctrica.

Este hecho comprobado en ratas se verificó poco después con humanos. Se aprovechó la circunstancia de que estaban recibiendo estimulación en el mesencéfalo para calmar el dolor intratable. Tras la estimulación se podía encontrar encefalina en su fluido espinal, opiáceo que no se encontraba en dicho fluido tras la administración de naloxona (Hosobuchi, Rossier, Bloom, and Guillemin, 1979).

Entre 1976 y 1981 se publicaron más de 7.500 artículos relacionados con lo opiáceos cerebrales. Se habían encontrado hormonas opiáceas en el tubo digestivo, en el páncreas, en las gónadas, en los glóbulos blancos... Había ya suficiente material para ir sacando algunas conclusiones: el opio era una hormona; el cerebro era una glándula capaz de fabricar algo igual; el cuerpo también suministraba al cerebro hormonas cuando las necesitaba (Frederickson, and Gleary, 1982). Y, ¿quién habría pensado que una sustancia procedente de la glándula salival podría ser importante para el sistema nervioso? Levi-Montalcini hizo el descubrimiento del *NGF* (Factor de Crecimiento Nervioso), y recibió por ello el Premio Nobel (Levi-Montalcini, 1988, Levi-Montalcini, and Angeletti, 1972; Bloom, 1983).

Para esas fechas se conocía el difícil código de comunicación cuerpo-cerebro. Esto ofrecía ya la oportunidad de interceptar los mensajes codificados que fluían entre ambos. En esa mutua vía de comunicación, interesaba saber qué células estaban hablando, es decir, liberando los mensajes. Y también cuáles eran las que los captaban. Y este fue uno de los cometidos que asumió la Endocrinología (Bloom, 1981).

R. Guillemin, en su discurso de aceptación del Premio Nobel en 1978, introdujo otro término en el vocabulario diario de los científicos: la Paracrinología (Guillemin, 1978). Se hablaba ya del Sistema Inmunológico.

Guillemin es considerado uno de los neurocientíficos que sirvió de estímulo y soporte a muchos investigadores en este difícil campo. Su labor y su magisterio son señeros. Y su artículo de *Science*, en 1978, marcó un nuevo rumbo a las investigaciones. Con él se empezó de nuevo a hablar y a pensar sobre el '*pensamiento*'. También sobre la memoria. Y mucha gente se lanzó a la aventura de nuevos descubrimientos. El campo de trabajo se encontraba ya muy delimitado (Ornstein, 1972), y los mecanismos de los descubrimientos se conocían también (Medawar, 1982).

Si la inteligencia está presente en el cuerpo se supone que residirá en alguna parte, y ese '*alguna parte*', puede que esté en cualquier sitio, en el más insospechado, y tal vez, para gran asombro, en el más simple y sencillo.

El eterno problema de las relaciones '*mente-materia*' empezó a recibir una nueva luz, esclarecedora en algunos aspectos, pero problemática en otros. Tras los descubrimientos y análisis de la estructura y funciones de las hormonas opiáceas y otros neurotransmisores, las investigaciones siguieron una apasionante dirección. Las zonas del cerebro que se sabía regían las emociones, es decir, la amígdala y el hipotálamo, conocido como el *cerebro del cerebro*, en

los cuantiosos análisis, resultaron estar especialmente dotadas de sustancias del grupo de los neurotransmisores ya reseñados (Chopra, 1990).

Y lo que ocurre es que, despejada una incógnita, surgen otras nuevas. Pensemos en la madre que se lanza a salvar a su hijo en una estancia en llamas. Ahora podremos decir que es la adrenalina el factor que provoca su carrera y, después de lo dicho, también podremos ya asegurar que será la encefalina o la endorfina la hormona que la protegerá de la sensación de dolor provocado por el humo y el fuego. Pero no todo terminará ahí. En esa acción tiene que intervenir también otro factor, que será la emoción. Y podemos preguntarnos, ¿qué pinta el amor, la emoción, en toda esta historia? El amor, determinación de su espíritu, ha encontrado una senda química, de manera que el cerebro pueda seguir comunicando con el cuerpo. Lo hará mediante los opiáceos, cuyas innumerables combinaciones en el número de aminoácidos, secuencia y composición, determinarán los estados mentales que pueden inducir emociones, conductas, memorias, estados de ánimo, etc.

La cantidad de estados mentales específicos que pueden ser relacionados con estos péptidos causa vértigo. Cada uno de ellos está conformado por una cadena de aminoácidos. En cada punto de esta cadena puede hallarse un aminoácido de entre los 20 posibles. Estos pueden aparecer en cualquier punto de la cadena y disponerse en cualquier orden. El orden en que estén dispuestos determinará los efectos del péptido, haciéndolo único.

De este modo, cuando los científicos encuentran un péptido formado por una cadena de dos bloques, y en cada bloque hallan uno de los 20 diferentes aminoácidos, pueden calcular, combinándolos, cuál podrá ser el número total de péptidos posibles. Así, aceptando todas las combinaciones, se podrían encontrar con $20 \cdot 20 = 400$ péptidos. Tres unidades que utilizaran estos 20 aminoácidos, podrían disponerse de 8 000 formas distintas. Una combinación de 15 bloques de aminoácidos daría una cifra que supone una cantidad infinitamente superior al número de neuronas del cerebro. Y estas cadenas son cadenas relativamente simples comparadas con la cadena de 263 aminoácidos de la pro-hormona llamada *pro-opiomelanocortina*, un péptido formado, a su vez, por otros péptidos menores, entre ellos endorfinas y encefalinas. Dada la vasta cantidad posible de péptidos, cabe ya pensar que es posible que existan péptidos que puedan inducir virtualmente cualquier estado mental o conducta concebible (Hutchison, 1994).

Según esto, la proyección '*mente-sustancias*', es tan íntima que, se puede pensar ya que nuestra mente no puede proyectarse en el cuerpo sin utilizar esas sustancias químicas.

Pero las incógnitas, como no podía ser menos, para bien de la ciencia, siguieron en pie para los científicos. El misterio del poder de la mente sobre la materia no tenía aún completa explicación para los neurocientíficos. Prefirieron seguir indagando en estructuras químicas más y más complejas, capaces de operar en niveles más y más sutiles de la fisiología. Lo que muchos querían era, y siguen deseándolo, encontrar una partícula, por pequeña que fuera, que la Naturaleza haya etiquetado como '*inteligencia*'.

Desde la aventura fallida de los engramas, el estudio de la memoria seguía preocupando a muchos investigadores. Los neurocientíficos lo retomaron de nuevo. En esas conversaciones cerebro-cuerpo, las hormonas más estudiadas y comprendidas eran las que hacían referencia a la *31-K*. Algunos atisbaron la gran importancia que algunos péptidos podían tener en la solución de este problema, y se fijaron, muy especialmente en uno de los extremos de la *pro-hormona 31-K*. Se revisaron y pusieron al día los resultados de todas las investigaciones (De Wied y Van Keed, 1980).

Y comenzaron las interceptaciones de códigos y mensajes. Las evidencias de que eran las hormonas la sustancia del pensamiento iban tomando cada día más y más fuerza. En 1971 apareció un primer artículo, entre los muchos que iban confirmando que la *vasopresina* y el *CRF* (Factor Liberador de Corticotropina), actuaban al alimón. Y les pareció ya que las

hormonas respondían mejor cuando actuaban varios mensajeros a la vez, cuando había 'armonías' mejor que 'solos'. Interpretaron que esto quería decir que las relaciones cuerpo-cerebro podían depender de un coro de hormonas, quizá 50, o tal vez 500, que eran liberadas conjuntamente para cantar armonías hormonales al cuerpo (Bergland, 1985). Se aseguraba que las hormonas se combinaban y recombinaban para llevar a cabo las órdenes del cerebro. Y en ese combinado, las conversaciones cerebro-cuerpo que implicaban a la *31-K* como mensaje codificado, eran las mejor comprendidas. El proceso lo explicaban así: El hipotálamo convertía las señales eléctricas del cerebro en mensajes endocrinos que podían ya ser conducidos al cuerpo. La *31-K* tenía su almacén principal en la pituitaria, y la mayor concentración de las hormonas reguladoras de la *31-K*, la *vasopresina* y el (*CRF*), se situaban en el cerebro adyacente. Se sabía que el responsable de la liberación de estas últimas era el hipotálamo. Y a su vez, las células de la pituitaria, al captar el mensaje de la *vasopresina* y el (*CRF*), lo descodificaban y a continuación liberaban la *pro-hormona 31-K* en el torrente sanguíneo. La *vasopresina* fue la primera hormona peptídica sintetizada. La hazaña la realizó Vincent de Vigneaud, Jefe de Bioquímica en la Cornell Medical School, en 1954. Recibió el Premio Nobel por la síntesis de la primera hormona peptídica. Él fue el primer neuroanatomista que desmontó el collar de aminoácidos que integran la *vasopresina* y volvió a montarlo de nuevo. Tras la *vasopresina*, desentrañó la *oxitocina*. Ambas son dos enormes proteínas, elementos básicos en la construcción del cuerpo. Gracias a esta labor, desde entonces se fueron y van desentrañando cientos de proteínas, facilitando con ello su producción sintética. Respecto al (*CRF*), los investigadores pasaron más de 20 años buscándolo. Bergland (1985), dice de esta hormona que fue considerada como el '*santo grial*' de la Neuroendocrinología.

Tanto la *vasopresina* como ciertos fragmentos de la *31-K* (*ACTH* = adrenocorticotropina, y *MSH* = Hormona Estimuladora del Melanotropina), fueron desde muy pronto relacionadas con la memoria. Y tanto el placer, como el dolor, el apetito, el estrés, se creía que estaban modificados de una manera específica por fragmentos de la *31-K*. De hecho se empezaron a sintetizar algunas de esas moléculas para tratar pacientes con pérdidas de memoria. Por fin la encontró Wylie Vale, al frente de un afortunado equipo (Vale, et al., 1981). La localizaron en el cerebro, pero descubrieron que también se sintetizaba en muchos otros lugares del cuerpo. La misma combinación de hormonas del sistema de la *31-K*, descubierta en el cerebro, se encontró también en el abdomen. Por ejemplo, casi al mismo tiempo, N. Kruseman y colaboradores, (1982), la descubrieron en el tracto gastrointestinal. Y este mismo año, I. Tanaka, con su equipo, (1982), la encontraron junto con la *31-K*, en el estómago. D. C. Wathes con sus colegas (1982), dieron un paso más en estos descubrimientos al encontrar esas hormonas pituitarias, liberadoras de *31-K*, en el mismísimo ovario. Y S. D. Tsong y colaboradores, (1982), precisaron aún más y confirmaron que se encontraban en múltiples lugares del tracto reproductivo. Aseguraron que esos órganos manufacturaban, no sólo su propia *31-K*, sino que también las hormonas cerebrales responsables de su liberación: *vasopresina* y (*CRF*). Y todas las evidencias disponibles mostraban que tanto el (*CRF*) y como la *31-K* eran importantes para el pensamiento, y muy especialmente para la memoria. Se especuló que posiblemente, la memoria estuviera almacenada en todo el cuerpo, a la manera como una información fotográfica está almacenada en un holograma. La memoria estaría de forma difusa por todos los sitios y enfocada en ninguno (De Wied y Van Keep, 1980).

Y aún más. Complementando a De Wied y sus colegas, A. B. Lucion y colaboradores (1982), anunciaron que el otro extremo de la molécula *31-K*, no favorecía la memoria, sino que la limitaba. Y que ambos efectos dependían de las mismas fuentes.

Se puede concluir con J. Roth y colaboradores, (1982), que muchos órganos glandulares pueden producir una señal eléctrica que es conducida de una célula a otra y cualquier hormona puede ser producida en cualquier lugar, y, al parecer, por cualquier tipo de

criatura. El hallazgo de la electricidad en el sistema endocrino une éste y el cerebro en la dirección inversa. Es decir, se pensó, si la electricidad producida por combinaciones de hormonas en el cerebro, puede conducir mensajes desde el cerebro al cuerpo, ¿por qué la electricidad producida por hormonas en el cuerpo no puede enviar mensajes hasta el cerebro? Y por si este anuncio resultara poco contundente, J. Paton y F. Nottebohm, (1984), remataron el tema demostrando que los animales adultos pueden producir nuevas hormonas. Este artículo desafía uno de los dogmas más sagrados en neuroanatomía, como es la creencia defensora de que nosotros, los humanos, sufrimos una irreparable pérdida de algunos millones de neuronas cada día. Queda así reforzado el tema de la regeneración y reposición de las neuronas.

Son tantas ya las evidencias en torno a la multiplicidad de lugares de producción de ciertas hormonas que hacen preguntarse a Bergland, (1985), ¿se puede pensar que el tubo digestivo o los ovarios piensan? Y la pregunta no deja de tener mucha enjundia y filosofía dentro.

2.3.6. NUEVO MODELO CEREBRAL: LOS MONOCITOS, INTELIGENCIA EN CIRCULACIÓN. AÑOS 80

Las encefalinas fueron los primeros opiáceos encontrados y analizados, las endorfinas, lo fueron después. Más de veinticinco años más tarde hay más de 45 hormonas cerebrales y de seguro que irán apareciendo algunas más. Pero una cosa se les aparece clara a los neurocientíficos. Todos los neurotransmisores principales siguen los mismos principios en su funcionamiento.

La investigación, masiva, en personal y dinero, prosiguió y prosigue. Es un filón inagotable y cada día más apasionante. Pero también, cada vez, reviste mayor complejidad y dificultad. Y esto, porque los nuevos descubrimientos han suscitado nuevos retos, como no podía ser menos.

Cuando los neurocientíficos creyeron ser capaces de aislar las sustancias químicas del cerebro y clasificar sus emplazamientos, el organismo, objeto de su estudio, volvió a asombrarles con un nuevo elemento que andaba circulando por canales hasta entonces aún no sospechados.

2.3.6.1. Investigación del NIMH: Nuevo Modelo Cerebral

Los investigadores, habían encontrado receptores en cantidades iguales a ambos lados del cerebro. Algunas investigaciones muy especiales, comenzadas en los primeros años 80 dan su fruto: Investigadores del NIMH descubren la existencia de otros muchos *receptores* de neurotransmisores y neuropéptidos en células del sistema inmunológico, en las células blancas de la sangre. El asombro es indescriptible. El descubrimiento es importantísimo. Les llamaron *Monocitos*. También son neuropéptidos o péptidos, pero, a diferencia de los neurotransmisores ya conocidos, que solo pueden llevar mensajes de 'encendido' o 'apagado', o de 'más' o 'menos', éstos parecen ser capaces de transportar ideas, estados de ánimo, recuerdos, estados emocionales y comportamientos muy concretos.

Esto termina por disipar el antiguo y tan cercano modelo del cerebro como central telefónica, y la idea de las neuronas como líneas de teléfono, transportadoras de las señales.

Así es como se llega a saber que el cerebro no sólo envía impulsos que viajan por los axones, sino que también '*proyecta*' inteligencia en circulación a través del espacio global del cuerpo. Estos *monocitos*, tienen características que les hacen muy especiales:

- No están fijos, como lo están las neuronas fijadas a lo largo del sistema nervioso. Los *monocitos* del sistema inmunológico viajan por la sangre. Todas las células del cuerpo tienen acceso libre a ellos.
- A la luz de este descubrimiento, se puede decir del sistema inmunológico que está dotado de un vocabulario que refleja toda la complejidad del sistema nervioso: es capaz de captar y mandar mensajes.
- Los *monocitos* pueden considerarse, por sus efectos, neuronas en movimiento.

Las sustancias químicas inteligentes no sólo son obra del cerebro, cuya función es el pensamiento, sino también del sistema inmunológico, cuya labor esencial es la prevención de la enfermedad.

Este descubrimiento supone una nueva e inesperada dificultad para los investigadores y para los profanos, y confirma el modelo del cuerpo que fluye como un río, pero es un río sin riberas, muy especial.

A la inversa de lo que sucede con una corriente, las cascadas de ese río no tienen riberas; fluyen hacia cualquier parte y por donde sea. Y jamás dejan de fluir, ni una décima de segundo (Chopra, 1990, p. 78).

2.3.6.2. La Sintetización de Neurotransmisores

Según todo lo anterior, si uno está contento, triste, pensativo, excitado, etc., necesitará de la generación de neuropéptidos y neurotransmisores en las células del cerebro, y a continuación las células inmunizadoras habrán de contagiarse de esa felicidad, tristeza, estado meditabundo o excitado, de hecho, tendrán que ser capaces de expresar todo el léxico de '*palabras*' inventadas por las neuronas.

Y ahí tenemos a los neurocientíficos a la caza y captura de unas sustancias químicas que son extremadamente diminutas. Se puede recordar la aventura de Guillemin y su equipo para reunir un raquitico miligramo de *TRF*, la molécula que el cerebro emplea para estimular la tiroides (Guillemin, et al., 1971).

Tampoco por el camino de los receptores la labor se les presenta nada fácil. Esos receptores son casi imposibles de captar. Bailan constantemente en la superficie de las células y, además, presentan otra dificultad añadida: cambian de forma en espera de recibir nuevos mensajes. Hay que pensar que, aunque cada célula pueda contener centenares e, incluso, miles de receptores, tan sólo uno o dos pueden ser, de momento, analizados a la vez, dada su extrema movilidad.

Por eso se puede decir que la ciencia aprendió mucho más de la química cerebral en los últimos veinticinco años que en el resto de la historia humana (Chopra, 1990, p. 79).

2.3.6.3. Cerebro, Sistema Nervioso y Pensamiento

Las *Neurociencias* estudian, no sólo la estructura y función básica de la neurona, sino también hay investigadores que orientan sus investigaciones con la finalidad de aclarar el

funcionamiento del conjunto de miles (100) de millones de células que componen el cerebro y el Sistema Nervioso.

Puede considerarse como uno de los pioneros de este tipo de estudios a George Bishop, neurofisiólogo, en la primera mitad de este siglo, director del Departamento de Neurofisiología de la *Washington University Medical School*, hasta su muerte

Para Bishop, estaba claro que La generación y la conducción del impulso nervioso, así como el registro de los potenciales de acción de grupos de células, y luego de células individuales, no eran suficientes en sí mismos para aclarar la función

Fue, sin embargo, la posibilidad de registrar los potenciales de células situadas en posiciones periféricas y a lo largo de los diferentes canales que conducen el impulso nervioso desde los órganos periféricos hasta la corteza cerebral, lo que permitió reconstruir las rutas que siguen los impulsos nerviosos desde el instante en que se generan en los órganos periféricos hasta el momento de ser recibidos por los centros corticales.

Aclarado este punto, a los neurocientíficos las preguntas se les amontonaron de nuevo Y no era para menos. Les azuzaba la mente el hecho de que la memoria, el recuerdo, el sueño y las demás actividades diarias de la mente continuaban siendo un misterio en su vertiente mecánica y física (Chopra, 1990, p. 79).

Con los nuevos descubrimientos, cupo deducir que cualquier acontecimiento que este sucediendo en el universo mental ha de dejar una huella en el mundo físico. Si la deducción fuera cierta, habrá que comprobarla y como consecuencia, han venido los intentos de comprobación.

El primer intento de *fotografiar un pensamiento* se ha llevado y se está llevando a cabo con el PET (*Tomografía de Emisión de Positrones*)

El procedimiento se realiza, inyectando en la sangre glucosa, cuyas moléculas de carbono han sido previamente impactadas por radioisótopos. La glucosa es el único alimento del cerebro y lo absorbe más aprisa que cualquier otro tejido.

Una vez inyectada la glucosa el procedimiento de localización de las partículas de carbono es parecido al que se lleva a cabo con un escáner.

Se han hecho análisis de localización mientras los sujetos desarrollaban diversas funciones cerebrales: como generar un pensamiento, tener una sensación de dolor, una emoción intensa, etc.

Se ha observado que el carbono realiza movimientos rápidos y circulares, y trazan un nuevo esquema químico. No se posan en un receptor único, sino en varios a la vez.

La imagen que se obtiene con el PET es distinta con cada pensamiento, con cada emoción, con cada sensación.

Pero los neurocientíficos encuentran una fuerte limitación en los experimentos. Sólo han visualizado el cerebro. Sería tremendamente interesante visualizar todo el cuerpo a la vez. Si se lograra hacerlo alguna vez, es de suponer que, basados en la lógica deducción de lo ya comprobado, se vería que el cuerpo, tal vez, en su conjunto, iría cambiando en un instante, alterado por las cascadas de neurotransmisores y moléculas mensajeras asociadas, que se mueven por el universo que es el cuerpo.

Las dificultades en esta línea de investigación son enormes. Trabajan tratando de visualizar fenómenos que no son perceptibles. Pero no del todo. Algunos de esos fenómenos asociados con el pensamiento, son ya perceptibles. De alguna manera, nuestros cuerpos proyectan nuestros pensamientos. El lenguaje no verbal está también muy estudiado y analizado, y sigue una línea de investigación muy fecunda, y que puede resultar complementaria de ésta.

Pero no todo, parece al menos, por lo que hoy se puede pensar, se proyecta. Muchos cambios físicos producidos por el pensamiento pasan inadvertidos. Podemos pensar en esas

alteraciones infinitesimales de la química celular, la temperatura del cuerpo, la carga eléctrica, la presión sanguínea y de otros mecanismos que la conciencia no registra.

De momento ha quedado clara una realidad: que mente y cuerpo pertenecen a universos paralelos. Una pregunta apropiada va en la dirección de la localización de esos universos.

Ya se ha llegado a decir que cada célula habla tan fluidamente como nosotros mismos. Comunica y recibe mensajes. La tiroides tiene mucho que comunicar al cerebro, a sus glándulas endocrinas vecinas, y con ellas, al cuerpo entero. Su labor influye en algunas funciones vitales, como son el crecimiento, el metabolismo, etc. Ya se sabía que la velocidad con que uno piensa, la estatura, o el tamaño de los ojos, dependen, en parte, de los mensajes de la tiroides.

La mente, pues, no está confinada en el cerebro. Se pensó así, porque era lo más cómodo: pero ahora se descubre que la mente se proyecta hacia todos los rincones de nuestro espacio interior.

2.3.6.4. *El Body-Mind*

Candace Pert (1987), neuroquímica del NIMH, y comprometida en esta línea de investigación, declara, al respecto, que sería muy arbitrario suponer que un producto bioquímico como el ADN, o un neurotransmisor, pertenece al cuerpo más que a la mente. El cuerpo es materia, y, a la vez, puro conocimiento.

Esta científica no encuentra motivos para separar el cuerpo y la mente. Por eso emplea en sus escritos y en sus charlas, el término *Body-Mind*, (*Cuerpo-Mente*).

El empleo de este término le ha ganado críticas, pero algunas ya han callado. Paso a paso se va imponiendo la idea de un cuerpo y una mente asombrosamente parecidos. Algunos que le atacaron al principio están ya dándole la razón.

La división categórica del cuerpo en sistema nervioso, sistema endocrino, sistema digestivo, es sólo parcialmente cierta. Su valor es puramente didáctico.

Se ha demostrado que las mismas sustancias neuroquímicas configuran el *Body-Mind* en su integridad. Todo está interconectado en el plano del neuropéptido; por lo tanto, separar estas áreas es construir una ciencia equivocada.

Claro que todas estas investigaciones parecen a muchos disparatadas. Y aún mucho más, las interpretaciones, algunas realmente atrevidas. Y esto porque un cuerpo capaz de pensar no es el cuerpo del que trata la medicina. Por una sencilla razón: el organismo sabe lo que le está sucediendo, no sólo en el cerebro sino en cualquier parte en donde haya un receptor de moléculas mensajeras, o sea, en cada célula.

Antiguamente la ciencia partía de la idea de que somos máquinas físicas que, de una manera u otra, hemos aprendido a pensar. Hoy, parece, ser que somos pensamiento que ha aprendido a fabricar una máquina física.

2.3.7. ELECTROQUÍMICA CEREBRAL, APARATOS MEGABRAIN Y ESTADOS DE CONCIENCIA

La asociación entre actividad eléctrica cerebral y estados mentales puede explicarse por el vínculo que, a su vez, relaciona la actividad eléctrica con la de tipo químico; ciertas configuraciones eléctricas inducen a que las neuronas, de forma individual o colectiva, liberen ciertas sustancias neuroquímicas. Estas sustancias controlan, regulando así nuestra conducta.

Neurotransmisores, endorfinas y neuropéptidos pueden producir estados mentales sumamente específicos

Se puede sostener que nuestro cerebro es el director de nuestra existencia

Si nuestra existencia es normal, el concierto es audible. Si la existencia se perturba, el desconcierto se rige por otras leyes, que serán las del desconcierto.

Por eso interesa el cerebro. Interesa saber qué es, cómo funciona, qué ocurre en su interior.

Se dice que es una poderosa central de energía. Relacionado, ¿directa? ¿indirectamente?, con esa central de energía está nuestro proyecto de análisis de los potenciales evocados.

Cada persona posee su cerebro que es único. Ahí tienen que residir las claves de nuestras diferencias en personalidad. Ahí se originan los pensamientos y las emociones y todas las acciones.

Alguien ha dicho que nuestro cerebro es pensamiento que ha creado el cuerpo para subsistir.

Se va a la búsqueda de esos centros que marcan diferencias de tipo personal. Pero ¿cómo medirlos...?

Y en estas nos situamos con nuestros queridos aparatos megabrain. Lo reseñado en este capítulo, muy especialmente, lo relacionado con los neurotransmisores se desarrolla por los mismos años en que se empieza a hablar de endorfinas, encefalinas, efectos placebo, bioquímica cerebral. Les viene como anillo al dedo. Con sus programas de luces y sonidos ellos llegan al cerebro, y lo cambian, lo alteran, a voluntad. La idea del *body-mind* les fascina.

A partir de aquí, la propaganda de dichos aparatos no solo asume lo dicho, si no que parece que su contribución deja chica, e infravalora, por innecesaria, la labor de cientos y cientos de equipos de investigadores, que siguen investigando en las líneas de investigación abiertas, algunas de las cuales quedan reseñadas.

Parece que los aparatos megabrain, actúan por sí solos. La investigación y la comprobación de sus posibles efectos, para los diseñadores, parece que es un tema menor. Alguien lo hará, aunque a ellos parece que no les importa ni lo necesitan. Están convencidos y como imbuidos de una ciencia infusa capaz de soslayar la investigación y de asegurarles que sus productos son una especie de talismán capaz de realizar todo tipo de cambios, situaciones. Hasta casi milagros.

Todos sabemos que los hitos más nimios en investigación son fruto de años de investigación realizada calladamente por cientos de investigadores. Y este vuelve a ser el reto que se lanza a los diseñadores de aparatos megabrain: No basta con asegurar que con esas secuencias de luces y sonidos se pueden desatar corrientes de neurotransmisores, capaces de modificar un estado de ánimo, una enfermedad. Hay que aportar pruebas científicas contrastables de que eso es así. Y por ahora, no se ha presentado ni una sola.

2.4. EL CEREBRO ELECTROMAGNÉTICO: EL BIOMAGNETISMO

2.4.1. INTRODUCCIÓN

El tema es de pura información, estrictamente descriptiva. Pretendo exponer las nociones más elementales, enumerar las obras, las líneas de investigación, los autores pioneros, las obras más representativas, las aplicaciones más relevantes y prometedoras, visto todo ello desde la perspectiva de la psicología y las disciplinas afines

Los investigadores en el campo de las llamadas Neurociencias (la Biología, la Medicina, la Física, la Química, la Fisiología, la Neurofisiología, la Neurofarmacología, la Psiquiatría, la Neurocirugía, la Psicología...), en su afán por explicar todos los procesos implicados en el funcionamiento normal de las células, se han encontrado con la necesidad de conocer también las propiedades magnéticas de ciertas sustancias, para mejor comprender la esencia de los procesos químicos. Surge así, dentro de la bioquímica, una rama llamada magnetoquímica, que muy pronto recibe nombre y desemboca en lo que hoy llamamos y entendemos como biomagnetismo. Esos equipos son quienes, desde 1984, en la '5ª' (*Conferencia en Magnetismo*), hablan ya de biomagnetismo, tema que viene tratándose, a partir de entonces, en todas las Conferencias Internacionales posteriores. Los ponentes de esas Conferencias hacen predicciones de que el biomagnetismo será en un futuro próximo, una técnica crucial para el estudio de los seres vivos y para el conocimiento de la significación de los CMs en las actividades vitales de los individuos.

El *biomagnetismo*, tal como se entiende y estudia actualmente, es una rama de las Ciencias que ha tenido un desarrollo extraordinario. La *Séptima Conferencia Internacional sobre Biomagnetismo* se celebró en Nueva York, en Agosto de 1989. Este desarrollo viene marcado por algunas características muy especiales.

Alguna de esas características sería el *carácter multidisciplinar* que su estudio ha logrado imponer desde un principio y el considerable número de *Mitmes Internacionales* que el tema ha provocado. En los equipos de investigación se integran biólogos, médicos, bioquímicos, físicos, ingenieros, psicólogos, psiquiatras.

El progreso más significativo no puede decirse que se deba solamente a los físicos. Es cierto que son ellos los que desarrollan el instrumental, pero en realidad ellos irían a ciegas, si no trabajasen en equipos multidisciplinarios que son quienes ofrecen ideas para el desarrollo tecnológico y marcan también el tipo de aplicaciones en el campo de la Electrofisiología, de la Electrobiología, de la Electromedicina, de la Psicología. Los equipos comprometidos en el estudio no son muchos, pero muy activos. Los datos acumulados en tan poco espacio de tiempos son ya tantos, que una de las conclusiones que se dejó entrever en la citada Conferencia de Nueva York, en 1989, fue la necesidad de desbrozar, resumir, precisar, aclarar líneas de investigación claras y concretas en este campo tan nuevo. Es decir, reconocen que es necesario imponer ya un orden y se invitaba a que alguien se lanzara a esa tarea.

Otra de las características de esta nueva Ciencia es la tecnología que emplea. La tecnología que se ha llegado a desarrollar, es tan nueva y tan difícil que necesita, para una puesta en marcha válida y apropiada, conceptos claros y precisos, y objetivos concretos. Han iniciado un camino de incalculables horizontes y de casi, para algunos, misteriosas aplicaciones.

El tema es difícil, pues se trata de ir integrando en un nuevo campo de investigación, ideas y aproximaciones provenientes, no sólo del campo de la Física, sino también de los principios de la electrofisiología general, de la neurobiología electromagnética, de la bioquímica, etc.

Contribuye a este rápido auge del Biomagnetismo el desarrollo de la Magnetometría Supersensitiva, que a su vez, se va a beneficiar de los nuevos hallazgos que su rápida aplicación en laboratorios de medicina, psicología, biología..., reporta para su conocimiento y futuras aplicaciones.

El término biomagnetismo tiene éxito. Empieza a aparecer con frecuencia en Revistas, tanto de Ciencias tan serias como Física y Biología, como en otras menos serias. Tal es el caso de las revistas especializadas en Parapsicología. Se habla de Biomagnetismo para distinguirlo de la Magnetobiología, que estudia el impacto que provocan los *CAMs* externos en los biosistemas. En alguno de los últimos manuales de Psicología se introduce algún capítulo dedicado al tema.

Y en realidad, hay que admitir que parece como que la necesidad de conseguir medidas de ese biomagnetismo es lo que, en el fondo del tema, ha contribuido al desarrollo de la Magnetometría Sepersensitiva. A partir de este impulso inicial, se ha mejorado rápidamente el instrumental magnetométrico, así como las técnicas de medición. Se han purificado, también, las aproximaciones y modelos conceptuales y las aplicaciones en un amplio campo de disciplinas. El campo que abre la reciente investigación biomagnética asegura un rápido progreso no sólo en biología, sino en investigación científica en otras áreas, como en medicina, en psicología. Es decir, en las llamadas Neurociencias.

En las décadas de los 60-70, a impulsos de los hallazgos de la física, la bioquímica, la neurología..., queda ya bien establecida la naturaleza y funcionamiento de la bioelectricidad. Se confirma que todo nuestro cuerpo, y especialmente nuestro cerebro, produce actividad eléctrica sumamente rica en componentes y además se sabe otro dato más: que nuestro cerebro es especialmente sensible a la *EEG*. Como consecuencia, se deduce que la constante actividad eléctrica de nuestro cerebro, tiene que generar un complejo *campo magnético* variable, en todo el cuerpo, pero especialmente patente y variada en las inmediaciones de la cabeza. Tanto bioquímicos, como neurólogos, psicólogos y psiquiatras, no tienen más remedio que empezar a combinar conceptos, para ellos tan lejanos, y para algunos tan denostados, como odio, placer, violencia, dolor... La profundidad y extensión de sus investigaciones cerebrales les llevan a tener que entrar en un campo casi exclusivo, hasta entonces, para los psiquiatras, psicólogos o parapsicólogos.

La forma en que especialmente el cerebro, produce estos campos hay que buscarla en el funcionamiento de las neuronas. Para estas fechas se sabe que cuando llega un impulso a la sinapsis, se liberan neurotransmisores en el intervalo sináptico y provocan una despolarización de los iones sodio-potasio. Esta despolarización dispara finalmente un nuevo impulso al otro lado de la sinapsis. Los campos magnéticos cerebrales, según los conocimientos actuales, acompañan a esas corrientes postsinápticas.

Como queda ya establecido, esos campos magnéticos, son de una intensidad sumamente débil, como minúsculos son los flujos de corriente postsinápticos que las generan. Podemos hablar de intensidades equivalentes a una billonésima parte de la intensidad del campo terrestre. En términos coloquiales podemos imaginarlos con una potencia mil veces más pequeña que la que generan esos imanes de bolsillo con los que hemos jugado de niños.

Establecida su existencia, se intenta hacer posible su detección.

Y no sólo esto. Por los años 70 comienza a materializarse la confirmación de tales fenómenos. En esta década se empezaron a desarrollar métodos de visualización cerebral no invasivos, capaces de mostrar en pantalla las intimidades del funcionamiento y estructuras del cerebro de un modo jamás antes imaginado. La *TEP* (*Tomografía por Emisión de Positrones*), permite fotografiar los receptores cerebrales. Se valen de isótopos de glucosa, como la 2-desoxiglucosa, que se introducen en sangre y que el cerebro capta rápidamente. La glucosa radiactiva se va a distribuir por las distintas zonas de la corteza cerebral. Y va a ser consumida

a distintas velocidades. Sacrificado el animal, se congela su cerebro y se prepara en cortes muy finos, cortes que se exponen después a una película sensible a las radiaciones. Cada fotografía es una instantánea de la intensidad del metabolismo cerebral en el momento de la muerte: es así como se empieza a entrever lo que el cerebro estaba haciendo en aquellos momentos.

Esto pone en marcha una nueva manera de acercarse al interior del cerebro. Se intuye y se llega a hipotetizar que si logramos detectarlo y registrarlo, y analizar la naturaleza e intensidad de ese campo, se podría hallar la localización de la zona cerebral que está trabajando en ese momento.

Pero por lo dicho se deduce que la detección de estos campos es muy difícil, aunque éstos no sean distorsionados por el cráneo o los tejidos adyacentes. Se necesitan para ello *magnetómetros* muy sensibles y de tecnología muy avanzada. Los modernos *SQUIDS* cumplen esos requisitos. Son aparatos basados en circuitos diseñados con superconductores refrigerados en *helio líquido*, lo que hace descender sus temperaturas hasta casi el cero absoluto (273° bajo cero). Captada la señal con estos detectores, se amplifica millones de veces. La aplicación se realiza de forma *no invasiva*, lo cual es ya un gran avance frente a la TEP.

Pese a estos difícilísimos requisitos, el tema posee tal atracción que el *magnetismo neural* se ha convertido rápidamente en la vanguardia de la investigación cerebral y ha sumido un poco en la sombra a otras líneas de investigación cerebral, e incluso, la tan activa de la magnetocardiografía.

El elemento último que motiva el desarrollo de estas nuevas técnicas es que se espera poder contemplar desde otras perspectivas enfermedades y desórdenes, tan molestos y aun poco explicados, como el *Coma*, la *Epilepsia*, el *Mal de Alzheimer*, incluso las simples migrañas, sin olvidar los siempre importantes problemas relacionados con los *Aprendizajes* y la *Memoria*.

Surge así la *Magnetoencefalografía* que pretende definirse como la capacidad de detectar, registrar, y observar el funcionamiento del cerebro viviente, y descubrir donde procesa, y dónde se presentan actividades normales o inusuales.

2.4.2. GÉNESIS DEL MODERNO BIOMAGNETISMO ANIMAL, AÑOS 70

Podemos distinguir tres pasos fundamentales en la historia de la detección y estudio del Biomagnetismo.

2.4.2.1. Primeros Datos e Intentos: Senso-Inducción y Magnetismo

En 1832, J. Dawy, físico inglés, anunció haber detectado un campo magnético (CAM) en un ser vivo. Logró que la aguja imantada de una brújula detectara un campo magnético al colocarla junto a un pez eléctrico en el cual había provocado una descarga. Posteriores esfuerzos para magnetizar una aguja, colocándola junto a un músculo o un nervio de todo tipo de animales, estimulados, resultaron infructuosos.

Con el desarrollo de la electricidad por los años 20, se vuelve a la carga. Y es en 1939 cuando se tienen noticias de que el ruso B. Kryukhin, parecía que había logrado detectar la corriente del nervio de una rana valiéndose de una bobina de inducción con 200 vueltas. Parece que incluso se sirvió de teléfonos, altavoces, y galvanómetros para poder facilitar el poder oír y grabar las corrientes nerviosas similares a las registradas con electrodos de contacto. El

servirse de la Senso-Inducción para detectar Campos Magnéticos en el nervio estimulado de una rana no había reportado al citomagnetismo grandes éxitos.

En los años 60, se publicaron ya *informes* (Seigel, and Morrow, 1960; Gengerelli, Holter, and Glasscock, 1961 y 1964), donde se presentaban ya resultados serios y contrastables sobre la detección de campos magnéticos provocados por los impulsos nerviosos en la ciática de una rana. Pero apenas nadie les dio crédito hasta que J. Wikswo, J. Barach, y J. Freeman (1980), informan haber detectado lo que se llamó por entonces el Citomagnetismo. Anunciaron que habían empleado ya un '*SQUID*'.

2.4.2.2. Senso-Inducción y Cardiomagnetismo

En 1963, G. M. Baule y R. McFee (1963, 1965), emplean la *Senso-Inducción* para la detección del magnetocardiograma. Este informe es considerado por muchos como el informe pionero de lo que pronto se llamó el Biomagnetismo moderno. Por entonces algunos lo llamaban antropomagnetismo, palabra que se usó para distinguirlo del zoomagnetismo, del fitomagnetismo, y del bacteriomagnetismo, términos que se correspondían con los estudios del magnetismo en animales, plantas y microorganismos.

2.4.2.3. Biomagnetismo

Actualmente se puede afirmar que, dentro del moderno biomagnetismo, la detección de *Campos Magnéticos* generados por corrientes alternas aparece como la línea de investigación más importante. En realidad, y no conviene olvidarlo, todos los fenómenos biomagnéticos detectados dentro de esta área se corresponden con el fenómeno bioeléctrico ya reseñado. En la *Tabla 2.4.1* (Katila, 1981), se pueden contemplar estas correspondencias.

Tabla 2.4.1. Correspondencias de años entre Fenómenos Bioeléctricos y Biomagnéticos

FENÓMENO BIOELÉCTRICO	AMPL μV.	FENÓMENO BIOMAGNÉTICO	AMPL pT.	RANGO FRECU
• ECG (Wouller, 1887)	1000	• MCG (Baulc-McFee, 1963)	50	0.5-100
• ECG del Feto (Cremier, 1906)	5-50	• MCG del Feto (Karinicli, et al., 1974)	1-10	0.5-100
• EEG (Berger, 1924)	50	• MEG (Cohen, 1968)	1	0.5- 30
• POTENCIALES EVOCADOS: • VISUALES (Walter, et al., 1946) • SOMÁTICOS (Dawson, et al., 1950) • AUDITIVOS (Davis, et al., 1939)	10	• CAMP. MAGNÉT. EVOCADOS: • Cohen, 1975 • Brenner, et al., 1975 • Reite, et al., 1984. • CM internos Feto (Baum, et al., 1982)	0.1	0 1- 60
• EMG (Adrian, 1929) • EOG (Du Bois-Reymond, 1849) • ERG (Holmgren, 1865)	1000	• MMG (Cohen, 1972)	10	0- 200
• Inclusiones magnéticas en los Pulmones (Cohen, 1973) • Magnetopletismografía (Wikswo, et al., 1979) • Cantidad de hierro en el cuerpo humano (Harris, et al., 1978)				

En la *Tabla 2.4.1*, se puede comprobar que:

- En humanos, la señal más fuerte entre las inducidas por corrientes alternas viene provocada por el corazón. El primer MCG se registra 76 años después del primer

ECG, con unas medidas medias en el Rango de amplitud de $1000 \mu V$ en el *ECG*, y de $50 pT$ en el *MCG*. Y una deducción: Dada la aplicación evidente que el magnetocardiograma podría tener en la prevención y detección de patologías cardíacas, es ésta una de las ramas que más esfuerzos viene acaparando dentro de los estudios biomagnéticos. En esta línea se da una significación especial al registro del *MCG del feto* que se produce 68 años después del primer *ECG del Feto*

- b) El *MEG*, tanto el considerado espontáneo como el evocado, constituye actualmente la rama del biomagnetismo que más se está desarrollando. El *MEG* espontáneo se logra detectar 44 años después del primer *EEG*. Y el evocado por estímulos somáticos en general, 29 años después del primer registro de la señal eléctrica. Si relacionamos ambos fenómenos encontramos que, desde la primera detección de las señales eléctricas en el cuerpo humano, hasta el primer registro magnético, el espacio de tiempo transcurrido tiende a reducirse de manera espectacular
- c) Analizando la tabla encontramos también que el espacio más largo entre la detección del fenómeno eléctrico y el magnético se da en el *Oculograma (EOG)* (127 años) y el *Retinograma (ERG)* (113 años).
- d) Finalmente, y como mero apunte ilustrativo, el espacio medio de tiempo entre el primer electrograma y el primer magnetograma en el organismo humano es de 43 años, aproximadamente

Una conclusión puede deducirse de la lectura de la *Tabla 2.4.1*. Todos los fenómenos reseñados indican claramente que los registros electrográficos, provocados por corrientes alternas y producidas por distintos órganos del organismo humano, vienen apoyados en una amplia experiencia, en unos métodos finamente desarrollados y en aproximaciones a procedimientos de análisis sumamente finos y complejos. Y estas mismas experiencias se han realizado con animales.

Tabla 2.4.2. Aspectos Cuantitativos, Instrumentales y Funcionales de los Fenómenos Magnetobiológicos y Biomagnéticos

MAGNITUD CM - T	TIPO O FUENTE DE C. MAGNÉTICO	TIPO DE MAGNETÓMETRO	ÁREA DE INVESTIGACIÓN
10^{-2} 10^{-3}	Nivel máximo permisible áreas industriales		Magnetobiología
10^{-4} 10^{-5} 10^{-6}	Campo Geomagnético	Campo Celular	Magnetobiología
10^{-8}	Interferencia magnética comunal	Fluxgate	Magnetobiología
10^{-9}	Umbral de reacción magnetobiológica		Magnetobiología
10^{-10}	Señal órganos eléctricos peces Inclusiones Ferromagnéticas Ruido Geomagnético Corazón	Inducción	Magnetobiología
10^{-11}	Músculos esqueléticos Ojos	OPM	Magnetobiología
10^{-12}	Actividad Espontánea y Evocada del cerebro		BIOMAGNETISMO
10^{-13}	Retina	SQUID	BIOMAGNETISMO
10^{-14}	SENSITIVIDAD DEL SQUID	SQUID	BIOMAGNETISMO

Igualmente, situados ahora en la *Tabla 2.4.2*, y siguiendo con la exposición descriptiva del fenómeno del biomagnetismo, se puede descubrir que los investigadores en el campo de la Biología y la Medicina, durante muchos años, han manifestado un interés especial por la

magnitud del rango del orden diez, desde el máximo campo permisible en áreas industriales (10^{-2}), y el geomagnético (10^{-4}), hasta la magnetoretinografía (10^{-13}). Intensidades superiores a esas sólo se permiten bajo condiciones experimentales y en un corto periodo de tiempo. Campos Magnéticos de origen biológico de una magnitud más débil que la especificada en la *Tabla 2.4.2* (10^{-14}) pueden detectarse solamente bajo condiciones experimentales, consideradas, hoy por hoy, como muy especiales. Sólo son detectables mediante los modernos 'SQUIDS'.

2.4.3. CONFERENCIAS EN BIOMAGNETISMO

1ª CONFERENCIA. Se celebró esta primera conferencia en *Boston, USA*, del 9 al 11 de Agosto de 1976. La organizan los pioneros de entonces, D. Cohen y su colega N. Cuffin. Se centran casi exclusivamente en los problemas prácticos y teóricos del *Cardiomagnetismo*. Son los inicios. D. Cohen presentó ya resultados obtenidos con el 'SQUID' en una cámara blindada. Los finlandeses P. Karp y T. Katila y otros, comunicaron también haber conseguido algo parecido, pero con resultados recogidos en una zona alejada de centros urbanos y con baja interferencia industrial. En este primer *Mitin*, sólo participan *USA, CANADÁ, FINLANDIA y FRANCIA*. Se sabe por referencias que los Informes presentados reflejaron trabajos de grupo o resúmenes de trabajos de varios grupos de un mismo país que trabajaban, más o menos, en conexión.

Deciden en esta primera Conferencia el medir la Inducción de Campos Magnéticos, no en Gauss, sino en Teslas (*Unidad de medida de la Inducción Electromagnética*), siguiendo el Sistema Internacional de medidas. También quedó decidido, a propuesta del grupo finlandés, emplear en magnetocardiografía un *cuadrículado de 6 6 puntos de sondeo*, proyectados en la superficie del pecho. No se publicaron las Conferencias (Lepeschkin, 1976).

Tabla 2.4.3. Estadística de los Informes sobre Biomagnetismo presentados en las Cinco Primeras Conferencias

CAMPO DE BIOMAGNETISMO	CONFERENCIAS				
	1ª Boston	2ª Grenoble	3ª Berlín O.	4ª Roma	5ª Vancouver
CARDIOMAGNETISMO	4	8	10	17	16
NEUROMAGNETISMO	-	6	19	23	26
PNEUMOMAGNETISMO	-	6	4	9	10
INSTRUMENTOS	-	5	4	8	8
TEORÍA	2	3	1	3	3
OTROS RELACIONADOS	-	-	1	3	7
TOTAL:	6	28	39	63	70

2ª CONFERENCIA: Se celebró del 30 de Agosto al 1 de Septiembre de 1978, en *Grenoble*, Francia. Participan ya 8 países. Publican solamente un *Informe General* que titulan '*Progress in Magnetocardiography*' (Lepeschkin, 1979).

3ª CONFERENCIA: El lugar elegido fue *Berlín Oeste*, año 1980. En las *Tablas 2.4.3 y 2.4.4* se ve que aumentan los Ponentes/Comunicantes, y los países y equipos. Se percibe claramente que cambia el interés por la Magnetocardiografía, manifestado en las dos anteriores Conferencias, hacia el Neuromagnetismo (*Tabla 2.4.3*). (*Third Workshop on Biomagnetism*, en IC SQUID, 80. Berlín, 1980) (Erné, Hahlbohm, Scheer, and Trontelj, 1981).

4ª CONFERENCIA: Esta Conferencia se celebra en Roma, del 14 al 16 de Septiembre de 1982. Estuvo precedida de una apretada Semana sobre "Escuela en Biomagnetismo", también desarrollada en Roma. Afrontan con decisión los objetivos futuros del Biomagnetismo. Publican un Resumen de 110 páginas como *Workshop Digest*, en 1982, y todas las Conferencias y Comunicaciones en el 1983 (Williamson, Romani, Kaufman, and Modena, 1983).

Tabla 2.4.4. Frecuencias de Países y Conferenciantes en las Cinco Conferencias sobre Biomagnetismo

PAÍS	CONFERENCIA				
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª
1. USA	3	9	16	25	23
2. FINLANDIA	1	8	9	8	14
3. FRANCIA	1	3	1	2	2
4. CANADÁ	1	3	3	3	8
5. BERLÍN OESTE	-	-	2	2	6
6. ITALIA	-	1	2	6	5
7. BÉLGICA	-	1	2	3	2
8. CHECOSLOVAQUIA	-	1	-	1	1
9. JAPÓN	-	-	1	6	6
10. POLONIA	-	-	1	1	1
11. REINO UNIDO	-	-	1	1	1
12. URSS	-	-	-	3	1
13. BRASIL	-	-	1	-	-
14. DINAMARCA	-	-	-	1	-
15. NUEVA ZELANDA	-	-	-	1	-
16. YUGOSLAVIA	-	-	-	-	1
TOTAL:	6	26	39	63	70

5ª CONFERENCIA: Del 27 al 31 de Agosto de 1984, en Vancouver, Canadá. En esta Conferencia se presenta un Informe muy curioso que tendrá transcendencia en la investigación posterior. Un equipo comunica que se estaba dedicando al estudio de la regeneración de nervios mediante magnetismo. Da comienzo así a la técnica, no invasiva, del proceso de reparación del nervio, con una dimensión práctica y clínica que se ha empleado mucho en neuromagnetismo. Publican un importante *Resumen* de 149 páginas. Muchos de los informes presentados estaban dedicados a la detección de la fuente de *fMRs*, ante la estimulación auditiva, visual y eléctrica de nervios humanos por separado. También informaban de haber tenido en cuenta el papel jugado por los fracasos en la localización de fuentes de *fMRs*, ya que, gracias a los *SQUIDS* se pueden medir sólo corrientes horizontales/tangenciales, y el córtex tiene una estructura columnar (Weinberg, Stroink, and Katila, 1985).

6ª CONFERENCIA: En Tokio, Japón, en 1987. El título: '*Biomagnetism'87. The 6th International Conference of Biomagnetism*' (Atsumi, Kotani, Ueno, Katila, and Williamson, 1988).

7ª CONFERENCIA: Desarrollada en Nueva York, en Agosto de 1989. Su título fue: '*The Seventh International Conference on Biomagnetism*' (Williamson, and Kaufman, 1989).

A través de estas *Conferencias Internacionales sobre Biomagnetismo* se han ido perfilando las principales líneas de investigación. Pero aún no se ha afrontado el tema de la '*integración*' de todos los estudios, realizados en esta área y cuyos informes se encuentran desperdigados en innumerables publicaciones o Actas de otras Conferencias sobre Biología, Física o Tecnología. Englobar todas las referencias que tocan el biomagnetismo se contempla como una tarea muy dificultosa, pero urgente. En las conferencias se sugiere la conveniencia de que alguien la realizara.

En los países del Este de Europa y en concreto en la Universidad de Jena, antes Alemania del Este, se han venido publicando trabajos sobre biomagnetismo y especialmente sobre cardiomagnetismo. Y esto desde 1980. Algo parecido ha venido ocurriendo en Praga y Bratislava donde también se vienen publicando trabajos desde 1977.

Desde 1976, y valiéndose del *Magnetómetro de Bombeo Óptico (OPM)*, los rusos dicen que vienen estudiando los *Campos Magnéticos* en humanos, tanto en la vertiente *MCG* como en el *MEG* espontáneo. Dicen ellos que tienen resultados desde 1978, unos años antes de que se publicaran ese mismo tipo de resultados detectados y obtenidos con la ayuda de los *SQUIDS*. Pero no parece que les convenciera mucho el sistema, pues en 1984, inician la colaboración con el equipo finlandés en Magnetometría y Biomagnetismo, trabajando ya con *SQUIDS*.

Esta colaboración entre rusos y finlandeses, dentro del estudio del moderno biomagnetismo, augura una cierta coordinación entre diversos equipos que trabajan, no sólo dentro de un mismo país sino, incluso, se da coordinación y empiezan a compartir conocimientos entre países y entre bloques, hasta esos años de espaldas y espiándose

2.4.4. INSTRUMENTACIÓN Y MÉTODOS: PRIMEROS MAGNETÓMETROS

Los *primeros intentos* por captar los campos magnéticos en seres vivos se realizaron en salas especiales, blindadas con muros de *MU-METAL*, fabricados con microlaminados de aleación con alto contenido en níquel, y especialmente tratados para detener y aislarse de campos magnéticos. Pero aún chocaban con la falta de sensibilidad de los magnetómetros más potentes del momento. No servían. O mejor, no llegaban.

Actualmente, se puede afirmar que ya existen las técnicas magnetométricas con las que, por fin, se están detectando y registrando datos científicos sobre la existencia y la naturaleza de *Campos Magnéticos* (CMs) en seres vivos. Pero no son asequibles, sino a ciertos equipos de investigación muy, muy privilegiados, dada la instrumentación tan sofisticada que tienen que emplear. Se espera que, pronto, la magnetometría se convierta en un método rutinario en los estudios de seres vivos y que se haga fácilmente asequible a muchos más equipos de investigación moderna, con el perfeccionamiento y abaratamiento de los equipos instrumentales.

2.4.4.1. Magneto-Inducción o Senso-Inducción (MI/SI)

La primera señal magnética detectada/registrada de un CM en un ser vivo, como fue la proveniente del corazón humano, se consiguió mediante *Magneto-Inducción (MI)*. La forma de operación del *Sensor de Inducción* se basa en la inducción electromagnética provocada en un circuito eléctrico por la variación de un campo magnético cercano. El diseño de un sensor incluye una bobina con muchas vueltas alrededor de un núcleo de alta permeabilidad magnética, como la ferrita (Baule, and McFee, 1965). No obstante, la magnetometría inicial tenía problemas muy serios. La baja sensibilidad del *Sensor de Inducción* trabajando con frecuencias muy bajas limita muchísimo la adaptabilidad de este magnetómetro para medir campos biomagnéticos, que son de bajísima intensidad. Además, la *MI* puede medir solamente el componente del CM orientado a lo largo del eje sensor. En cambio, como ventaja, cuando se trabaja con campos magnéticos a frecuencias por encima de 1000 Hz, puede resultar más operativo y sensitivo, incluso, que los magnetómetros superconductivos.

2.4.4.2. Magnetometría mediante 'Fluxgate'

Son una variedad de los magnetómetros de Inducción. Se fabrican también con un núcleo de alta permeabilidad magnética. La diferencia básica reside en que los parámetros del núcleo cambian regularmente, mediante remagnetización continua del CM. El voltaje de salida del CM es proporcional al CM aplicado a lo largo del eje del núcleo. El ancho de banda puede variar desde cero hasta 100-1000 Hz.

Son aparatos relativamente pequeños. El diámetro del núcleo circular no suele exceder de 2-3 cm.

Los Campos Magnéticos, con núcleo circular pueden usarse en investigación biomagnética para la detección de la corriente iónica en el cuerpo o para detectar inclusiones dañinas en los pulmones humanos. Presentan, como gran pega, el que estos magnetómetros son muy sensitivos a la vibración. Hay que colocarlos en una base muy sólida. La influencia que tienen ante influjos térmicos es completamente insignificante y varía de 0.05 a 0.5 nT/C°.

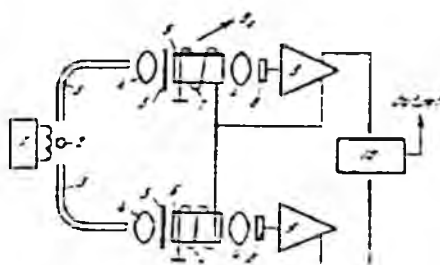
2.4.4.3. Magnetometría por Bombeo Óptico, (OPM)

Es una técnica muy desarrollada y empleada por físicos rusos. La diseñaron para llevar a cabo medidas de precisión del CM en la superficie terrestre y en las órbitas de los satélites artificiales. Otros investigadores rusos, con Livanov al frente, parece que lo vienen usando también, desde 1970, en cierto tipo de investigación biomagnética, como sería la magnetocardiografía, y la magnetopneumografía, es decir, en el estudio de las inclusiones magnéticas peligrosas en los pulmones, e, incluso, en la evaluación del exceso de contenido de hierro en el hígado, etc.

La OPM se basa en la orientación de la resonancia óptica de los átomos paramétricos y en la resonancia magnética.

Sin entrar en honduras ni precisiones técnicas de tipo físico, descriptivamente se puede decir que la OPM consiste, muy esquemáticamente, como se puede apreciar en la *Figura 2.4.1*, en:

Figura 2.4.1: Gradiómetro OPM de primer orden con autooscilación y bobinas funcionando como filtros
(Tomado de Kholodov, et al., 1990)



1. Excitador de alta frecuencia de la lámpara del espectrómetro
2. Lámpara del espectrómetro. Contiene una substancia alcalina y un gas interfaz para facilitar el inicio de la descarga de alta frecuencia.
3. Guías de la luz, de 75 cm. suficientes para eliminar de la luz elementos extraños
4. Lentes.
5. Polarizadores circulares.

6. Células de absorción con vapor de la sustancia de trabajo. lo normal Cesio. metal alcalino.
 7. Bobina de Flujo de espiral (*rf*).
 8. Fotosensores.
 9. Amplificadores de banda amplia.
 10. Un Medidor de fase. Unidad de medición de frecuencia.
- Bo. GMF = Campo Geomagnético

El *Gradiómetro* más simple, o de primer orden, se construye con autooscilación y sensores de feedback abiertos. El esquema del bloque es como aparece en la *Figura 2.4.1*. El aparato está calibrado para medir las diferencias de fase entre las señales de entrada y salida (*input-output*), de la espiral con el circuito del feedback abierto. El impacto del Campo Magnético local en el sensor del circuito abierto provoca la diferencia de fase hasta hacerlo variar, en proporción al *CM* operativo local. El impacto producido en el sensor autooscilante provoca su frecuencia de oscilación hasta alterarlo, y para mantener la alternancia de frecuencias dentro del cambio de fase debido al sensor del circuito abierto.

La construcción de un *Gradiómetro OPM* multicanal es relativamente fácil, ya que sus sensores operan a una sola frecuencia de resonancia con una mínima interferencia mutua. Bastaría añadir al modelo simple tantos sensores con el circuito de feedback abiertos y usar el sensor autooscilante para apoyarlo. Aunque también tiene sus problemas técnicos, sobre todo los relacionados con la supresión de 'ruidos' magnéticos evocados por amplitudes amplias.

El *Gradiómetro OPM* sirve para medir la diferencia entre los vectores de inducción del *CM*, mientras que los gradiómetros *SQUIDS* o los de *MI*, se emplean para medir la diferencia entre los componentes que corresponden al módulo del vector de inducción

2.4.4.4. Magnetometría Supersensitiva: Los 'SQUIDS'

En 1970, se publica un *Informe* (Cohen, Edelsak, and Zimmerman, 1970), donde se presenta un instrumento nuevo y distinto: Comunican los autores haber trabajado con un magnetómetro mil veces más potente que los que se venían usando en los intentos de detección y registro de los *CMs* inducidos por seres vivos, tanto en personas como en animales. El diseñador del nuevo aparato era un físico americano, James E. Zimmerman, financiado por la *National Bureau of Standards de Boulder, Colorado*. En su inspiración se hacía tributario de los trabajos del premio Nobel Brian Josephson, dirigidos al estudio de materiales y circuitos superconductores.

Aplicando alguno de los descubrimientos de Josephson, Zimmerman pone a punto el primer magnetómetro ultrasensible. Lo llamó *SQUID (Dispositivo de Interferencia de Quantum Superconductivos)*, y son actualmente los instrumentos más comúnmente usados en la investigación para detectar los campos magnéticos (*MP*) en seres vivos.

Emplean el fenómeno de la superconductividad, propiedad que tienen ciertos metales y aleaciones a temperaturas muy bajas, y a partir de esta situación, puede llevarse a cabo la cuantificación del flujo magnético a través de una bobina ante una baja inducción. Algunos metales y aleaciones entran en estado de superconductividad a la temperatura del helio líquido (4'2 Kelvin). En el plomo la superconductividad sube a 7'18 K; en el niobio, a 9'2 K; en el vanadio, a 5'13 K; en la aleación niobio-plomo, sube hasta 18,2 K.

En un acercamiento muy elemental y puramente descriptivo al fenómeno de la conductividad, se puede hacer un esfuerzo para comprender la naturaleza física de dicho fenómeno y cómo se realiza la cuantificación de la interferencia: Un voltímetro conectado a la entrada y salida de una corriente continua (*dc*), que fluye a través de un conductor metálico en estado de superconductividad no registrará ninguna caída de tensión.

Si se efectuara un corte en ese cable en estado de superconductividad, la corriente cesaría y el voltímetro nos mostraría un voltaje idéntico, y exactamente igual al de un circuito desconectado de su fuente de corriente.

Si, tras el hipotético corte del superconductor, procediéramos a ir acercando las dos partes hasta un mínimo de 1-2 nm, se facilitaría la aparición de un interesante fenómeno que incluiría la ausencia de voltaje por una parte y la presencia, a su vez, de corriente continua (*dc*), entre esas mismas dos partes del superconductor. Se ha comprobado que en esas circunstancias la corriente fluye a través del espacio mínimo entre las partes. Este fenómeno se conoce como el efecto Josephson con corriente continua (*dc*), y es este efecto el que se aprovecha en los magnetómetros de alta sensibilidad.

Los físicos explican así este efecto Josephson (Kholodov, Koizlov, and Gorbach, 1990): Un metal común opone resistencia al paso de una corriente eléctrica ya que cualquier flujo dirigido de electrones eleva la pérdida de energía. La causa es la dispersión de los electrones individuales, producida por la oscilación de los átomos o por las adiciones dentro del metal y los defectos de la red de iones. No obstante, cuando, en el movimiento dentro de un metal normal, cada electrón se correlaciona en fase con los otros y esa correlación afecta a todo el metal, la dispersión de un solo electrón provocará, inevitablemente, que todos los demás se dispersen. Este fenómeno de la dispersión es altamente improbable en metales en estado de superconductividad. Al surgir el estado de superconductividad, la corriente se inmuniza ante la dispersión, que es la que explica la resistencia ante una corriente regular.

Esta parece ser una de las explicaciones básicas de la superconductividad. Pero se va más lejos. Los teóricos explican que, en ese estado, la corriente no sería un movimiento colectivo de los electrones individuales, sino más bien de pares de electrones. La física explica que los electrones tienden a repelerse unos a otros en un espacio libre. Pero que dentro de un metal la interacción entre ellos es diferente. Al discurrir entre la red de iones metálicos, un electrón con carga negativa atrae iones positivos y deforma la red. Se crea una carga positiva excesiva en la red de iones, que puede que atraiga a otro electrón. Y a partir de esta situación, además de la fuerza común de repulsión que afecta a los electrones, surge también, una atracción indirecta evocada por la red de iones metálicos positivos. El metal entra en estado de superconductividad cuando la fuerza de atracción provocada por la red de iones rebasa la fuerza repulsora, y la inmediata interacción entre los electrones funciona como la fuerza de atracción.

Esta aproximación, tal vez explique el porqué ciertos metales altamente conductores como la plata y el cobre no son superconductores. La débil interacción entre electrones y red en metales altamente conductores disminuye la atracción de electrones provocada por la red que se crea es lo que causa la superconductividad.

Volviendo a los superconductores, la corriente dentro de ellos está provocada, no por el movimiento de electrones individuales, tal como ocurre en circunstancias regulares, sino más bien por pares de electrones. Dado que la conexión entre electrones es extraordinariamente débil, puede romperse fácilmente siempre que la superconductividad se suspenda.

La distancia media entre dos electrones acoplados en el estado de superconductividad es miles de veces mayor que la existente entre los iones de una red metálica. Y puesto que hay varios electrones por cada ion, los electrones de cada par se colocan dentro de la masa que contiene millones de pares. Esto es producto de los '*quantums mecánicos*' porque el movimiento de todos los pares de electrones, en esta situación, está correlacionado al 100%.

Un par de electrones puede presentarse con su longitud de onda: ' $\lambda = P/h$ ', donde P es el impulso de la masa central, h es la constante de Planck, que se basa en las características de onda del electrón. En consecuencia, el patrón de onda de un *quantum mecánico*, igual a los impulsos de la masa central de todos los pares, implica que las ondas que corresponden a los

pares tienen longitudes iguales. Y aparte de tener longitudes idénticas, las ondas de todos los pares dentro de un superconductor están en la misma fase. La identidad de fase de todos los pares dentro del superconductor es un efecto de *quantum mecánico* al nivel macroscópico.

Fases emparejadas pueden ser idénticas a lo largo de un superconductor ya que los pares pueden moverse libremente dentro de él. Si se provoca un corte en el superconductor, los pares no pueden hacer intercambios entre las partes. No obstante, si el espacio entre esas partes cortadas se estrecha, puede crearse una cierta posición intermedia, y es entonces, cuando se produce cierto intercambio, debido al proceso de *quantum mecánico*, facilitado por lo que se conoce en física como '*tunnelling*'. Gracias a la naturaleza de sus ondas, los electrones pueden atravesar la barrera que no podrían traspasar si fueran simples partículas. El '*tunnelling*' creado entre las dos partes del superconductor crea una relación en fase entre los dos extremos del superconductor. Y es precisamente esa situación de '*tunnelling*' la que puede verse afectada y modificada por un campo eléctrico o magnético.

Pensemos ahora en un *SQUID* de forma circular, con una sola unión en la que se crea una situación de '*tunnelling*', y con la que se está facilitando una corriente en la situación de superconducción. Los pares de electrones tienen que estar en fase dentro del *SQUID* para que se produzca una superconducción sostenida.

En un anillo en situación de superconducción, con dos uniones de corriente continua (efecto Josephson con *dc*), la interferencia de la corriente se da en el anillo si la lectura de la corriente continua (*dc*) operativa '*i*', que alimenta el anillo desde una fuente externa, es ligeramente más alta a la corriente crítica '*i_c*', que crea la diferencia de potenciales '*u*' en el *SQUID*.

La corriente evocada afecta a las dos uniones de forma diferente. Se suma a la corriente operativa en una unión y se resta de la otra. Como resultado, la corriente en el anillo, con dos uniones, se relaciona periódicamente con un *MF* (campo magnético) externo a través del anillo. El proceso hace que el voltaje en el *SQUID* cambie también periódicamente. La amplitud de la alternancia puede alcanzar aproximadamente 10 μ V.

La medida del voltaje directo en un diseño de un solo *SQUID* con una sola situación de '*tunnelling*' no es posible, puesto que los hilos metálicos que los unen están cortocircuitados en la parte del anillo que está en estado de superconducción. Por eso, el impacto del *MF* externo en el *SQUID* puede medirse por '*rf*' (flujo regular)

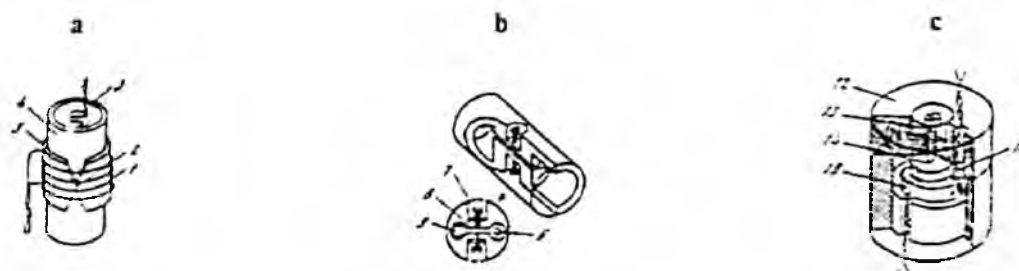
Ordinariamente, el '*rf*' de un *SQUID*, se compone de un anillo en situación de superconducción, con una débil conexión que mantiene baja la corriente evocada en el anillo por el flujo externo dado, y que eventualmente interfiere la cuantificación del flujo regular. Además, la débil conexión controla la corriente crítica en el anillo, es decir, la máxima amplitud de la corriente en el anillo, que provoca la no caída de voltaje en él.

La conexión del *SQUID* está regulada para asegurar que siempre que la corriente alcance la magnitud crítica, y la débil conexión abandone el estado de superconducción, y vuelva a la situación normal por un breve tiempo, la corriente en el anillo cambie meramente en un '*quantum*'. A continuación, la débil conexión recupera su estado de superconducción, debido a que la corriente de compensación en el anillo, le hace caer por debajo del nivel crítico.

El anillo de un moderno *SQUID*, es una unidad de niobio macizo. Su débil unión es una unión, creando '*tunnelling*', o mediante una barrera ácida aisladora, o por un punto de contacto entre el extremo puntiagudo de un tornillo de niobio y la unidad de niobio. Se han desarrollado tres tipos básicos de *SQUIDS* para medir campos biomagnéticos: Con fina película, con dos uniones, y con un anillo en forma cilíndrica.

Cada aparato tiene una bobina de entrada en situación de superconducción como una parte del transformador de flujo y una bobina '*rf*' de cobre que desempeña las funciones de control del *SQUID*.

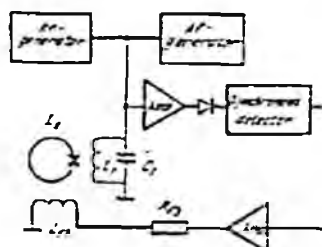
Figura 2.4.2: Tipos de Transformadores de flujo, 'rf' SQUID
(Tomado de Kholodov, et al., 1990)



- a) SQUID con Fina película cilíndrica: 1. Bobina de entrada; 2. Conexión débil; 3. Bobina 'rf'; 4. Cuerpo no conductor; 5. Fina película en estado de superconducción
- b) SQUID con dos conexiones: 6. Bobina 'rf'; 7. Tornillo terminado en fina punta; 8. Conexión débil; 9. Bobina de entrada.
- c) SQUID en forma circular: 10. Bobina de entrada; 11. Bobina 'rf'; 12. Cuerpo de niobio; 13. Tornillo terminado en punta fina; 14. Conexión.

El circuito eléctrico de un SQUID con una conexión 'rf', aparece en la *Figura 2.4.3*.

Figura 2.4.3: Diagrama eléctrico de un SQUID de una canal
(Tomado de Kholodov, et al., 1990)



El campo de desplazamiento 'rf' es evocado por la corriente proveniente del generador 'rf', a través de la bobina 'rf' con la inducción L_1 acoplada al SQUID. La inducción L_1 y el condensador C_1 , forman un circuito oscilante. Lo normal es que se sintonice a 20 Mhz. Su oscilación se inicia con la frecuencia de resonancia proveniente del generador 'rf'. La corriente evocada por el generador, I_r , es considerablemente inferior a la corriente I_k en el circuito 'rf'. Su relación viene expresada como $I_r = I_k Q_c$, donde Q_c es la fiabilidad del circuito. Si la amplitud de la corriente I_k es alta, el SQUID pasa a través de las dos vueltas de la histéresis completa durante el periodo de la corriente. En una vuelta se capta un quantum del flujo magnético, y se expulsa en la otra. Las pérdidas de energía en la conexión del SQUID, al perder el estado de conductividad, por un instante, vienen representadas por la variación de la resistencia total del circuito oscilante, y la variación en él del voltaje correspondiente.

El circuito incluye además un generador de señal modulada y un detector sincrónico que opera como un circuito de feedback. Este circuito se alimenta por la bobina L_2 . Como resultado, la resistencia R_{ϕ} proporciona una caída de tensión proporcional al flujo magnético medido.

El SQUID es, esencialmente, el aparato para medir el flujo de un MF externo a través del área del anillo del SQUID. Su resolución no se puede aumentar por el simple incremento de su área puesto que la inducción L_0 es limitada. Por lo general, el área de un anillo SQUID es tan sólo de unos milímetros cuadrados. Un número mayor de vueltas SQUID permite

extenderlo hasta varias docenas de mm². El tamaño ideal de una bobina para una detección óptima en un *SQUID* con *FT* está entre 1-3 cm.

Siempre que la magnitud de la diferencia del flujo sea más pequeña que el flujo, se puede hablar de variación gradiente. Es entonces cuando el aparato funciona como un gradiómetro. Los *SQUID* de muchos canales necesitan trabajar en cámaras aisladas.

El primer *SQUID* era de un solo canal. Una vez acercado al cerebro, su funcionamiento, era bastante simple: En ausencia de un campo magnético el *SQUID* mantenía una cierta cantidad de energía eléctrica fluyendo a través de él. Ante un campo, aunque fuera enormemente débil, esa corriente fluyente se reducía. Para volver al *SQUID* a sus valores iniciales, se aplicaba un voltaje. Es este voltaje, necesario para restablecer el equilibrio, el que servía para medir el campo magnético con gran precisión (*Figura 2.4.3*).

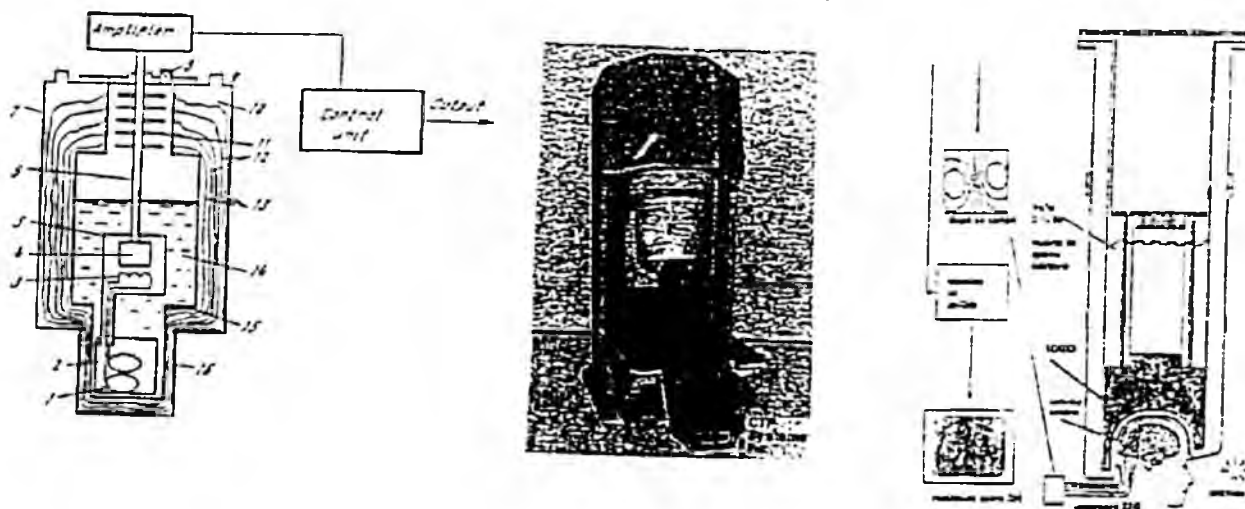
En el gradiómetro superconductor de un canal, el transportador de flujo y el *SQUID* estaban montados todos ellos en un Dewar superaislado y lleno de helio líquido, alcanzando el aparato detector cerca de 4 Kelvin. El Dewar de cerca de 1.2 m de largo iba instalado en una estructura soporte, no metálica, que permitía su colocación precisa en los puntos específicos sobre el cráneo de los sujetos.

El anillo/espiral del moderno *SQUID* es una unidad de niobio macizo. Cada instrumento tiene una bobina/espiral de entrada como una parte del transformador del flujo y una bobina de anillo de flujo en bobina de cobre para llevar a cabo la función de Control del *SQUID* (*Figura 2.4.3*).

James Zimmerman, creó en 1983 una empresa en *SAN DIEGO* dedicada a la fabricación y comercialización del *SQUID*. La empresa se llamó en un principio 'Superconducting Helium Electronic', que luego cambian por el de 'Biomagnetic Technology'. El vicepresidente de esta empresa, Eugene Hirschko, cuenta que construyeron un sistema de un solo canal, un único *SQUID* y un sólo captador magnético, que actuaba como antena. Iba todo ello encapsulado en un vaso dewar lleno de helio líquido. Al colocar la cabeza de un sujeto bajo el dewar se podían ver sus ritmos cerebrales.

La bobina captadora del *SQUID* se coloca, normalmente, lo más cerca posible, al fondo del dewar, junto al cual se supone se colocará el objeto. Por regla general, el preamplificador se coloca en la cubierta del dewar y conectado a la unidad de control, al amplificador y al detector de señal mediante sistema de cables. El diseño del dewar permite una inclinación vertical entre 40°-45° dependiendo del nivel de helio líquido. La descripción de un *SQUID* sencillo, de un canal, responde a la *Figura 2.4.4*. El sistema consiste:

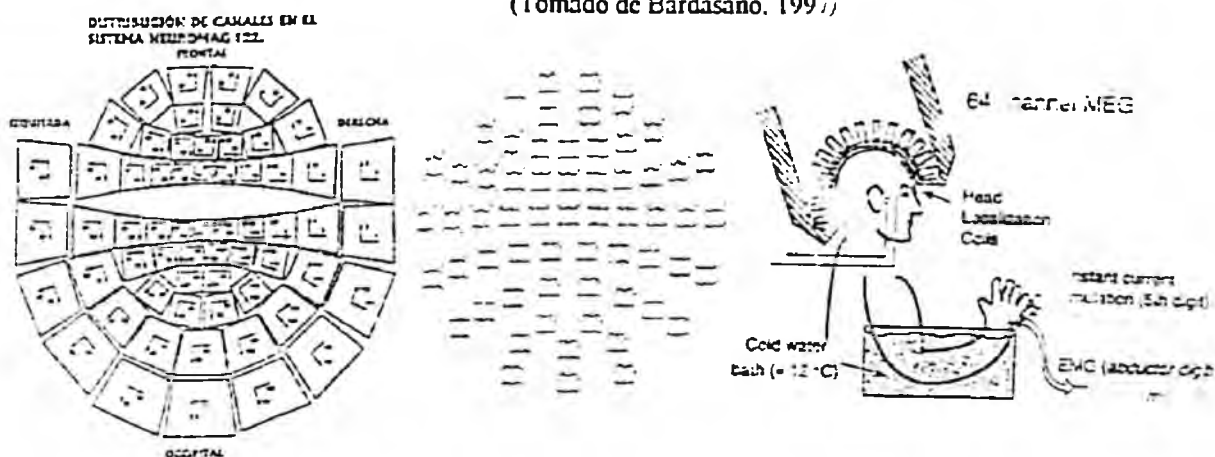
Figura 2.4.4: Gradiómetro SQUID de un canal
(Tomado de Kholodov, et al., 1990)



1. Bobina/espiral captador, tipo gradiométrico.
2. Placa de alta frecuencia.
3. Bobina que conecta con el *SQUID*.
4. *SQUID*.
5. Placa superconductora.
6. Salida del *SQUID*.
7. Recipiente *dewar* para el helio líquido.
8. Espita para el vapor del Helio.
9. Bomba de conexión
10. Armazón vacío.
11. Placas de radiación
12. Chapas de acero enfriadas al vapor de helio
13. Superaisladores.
14. Helio Líquido.
15. Malla molecular para neutralizar el vapor de helio infiltrado.
16. Cola/fondo del *dewar*

Actualmente están operativos *SQUIDS* con más de 100 canales. Cada *SQUID* tiene *FT* y su bobina detectora *Figura 2.4.5*:

Figura 2.4.5: Diagrama de SQUID de 62 canales
(Tomado de Bardasano, 1997)



Desde hace más de 10 años (1986-87) han aparecido en el mercado materiales superconductores con componentes cerámicos capaces de temperaturas operativas del orden de 100K, bastante más alta que los 77 K del nitrógeno líquido. Es cuestión, pues, de tiempo que se diseñen *SQUID* con esos nuevos materiales, aunque parece ser que el helio líquido es quien proporciona mayor sensibilidad.

2.4.4.5. Tras la solución de algunos Problemas

Hoy en día, la medición de un *CM* en seres vivos se lleva a cabo, como queda apuntado, con tres tipos de magnetómetros: *MI*, *OPM* y *SQUID*. Cada tipo de magnetómetro ofrece su propio nivel de ruido intrínseco. No obstante, un nivel bajo de ruido intrínseco no garantiza la detección con una alta resolución del *CM* biológico. Hay que tener siempre presente que una buena resolución puede sufrir interferencias provocadas por las variaciones de alto nivel de la variación del Campo Geomagnético natural y por las interferencias muy altas del ruido artificial que suele exceder frecuentemente los niveles de variaciones naturales que vienen causadas por la actividad humana en grandes áreas industriales.

Por ejemplo, el simple '*ruido*' inducido por la frecuencia de las instalaciones eléctricas en un laboratorio, o en un Hospital de ciudad, puede exceder miles de veces a un campo biomagnético. El '*ruido*' generado por vehículos electrificados se propaga por pulsos y alcanza el orden de decenas de *nT*., a la distancia de cientos de metros. El espectro del '*ruido*' en las ciudades, prácticamente, se superpone necesariamente al espectro de las señales magnéticas de los objetos vivos. Respecto a ciudades pequeñas, urbanizaciones y áreas dentro de bloques de

ciudades grandes hay que apuntar que están dominados por las distorsiones del Campo Geomagnético natural. Por lo general, el máximo de variación del espectro del Campo Geomagnético se produce a lo largo de amplios periodos, como por ejemplo, en espacios de un día (esta variación puede ser hasta de 30-50 μT , dependiendo esa variación de la latitud geomagnética de la ciudad).

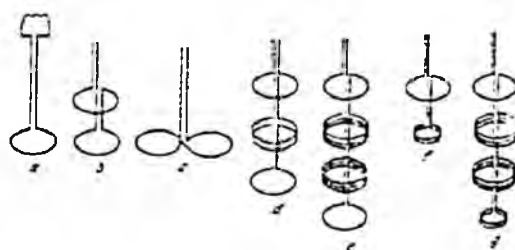
Incluso, esas variaciones del CM natural suponen un serio obstáculo para las investigaciones biomagnéticas. A veces, estos riesgos hacen imposible la detección de los CM de los objetos biológicos en ese contexto de distorsiones naturales y, mucho más aún, bajo la influencia de ruidos artificiales.

Se suelen usar variedad de diferentes métodos para controlar las interferencias que van desde el uso de circuitos de medida diferencial, hasta sistemas de bobinas (gradiómetros de segundo orden) y sobre todo, cámaras/salas blindadas o de aislamiento como auténticos refugios magnéticos...

El *SQUID* puede usarse para detectar CMs directamente o puede conectarse a unas espirales de detección superconductoras, especialmente diseñadas, tal como se ha podido contemplar en la *Figura 2.4.4*. El *dewar*, superaislado, contiene helio líquido que rodea al amplificador *SQUID* y a las espirales de detección, todo ello configurado como gradiómetro de segundo orden derivativo.

La configuración más sencilla para la espiral de detección es la de una sola vuelta de metal (a), *Figura 2.4.6*.

Figura 2.4.6: Tipos de Transformadores de flujo magnético
(Tomado de Kholodov, et al., 1990)



El diseño de una vuelta constituye un magnetómetro que es capaz de detectar un campo magnético en toda su fuerza. Es muy sensitivo, pero con este diseño no se puede rechazar el ruido ambiente, y por tanto hay que trabajar en cámaras de aislamiento magnético o en lugares libre de influencias magnéticas. No obstante, también se puede dar a las espirales de entrada una configuración más compleja para evitar el ruido magnético ambiental. Se pierde fuerza pero se gana resolución. La configuración más empleada en estos casos es la del gradiómetro de segundo orden, que consiste en una serie de espirales concéntricas que detectan el derivado secundario espacial del gradiente del campo que les atraviesa. Un gradiómetro de segundo orden permanece selectivamente sensitivo al brusco gradiente del campo de fuentes muy cercanas pero rechaza los campos, más uniformes, generados por fuentes distantes (b - g).

Las *cámaras de aislamiento* se fabrican con materiales de alta permeabilidad magnética de aleaciones con 1 mm de grosor (Zimmerman, 1977).

La construcción de cámaras suficientemente amplias se enfrenta con ciertos problemas de diseño. El templado de la aleación no puede colocarse mediante golpes. Hay que evitar, por tanto, el doblaje, el remachado, etc., en el curso de la construcción del marco de la cámara. Por

lo general, el armazón se hace con chapas de aluminio fino. Se superponen al aluminio dos juegos de bandas de aleación, mutuamente perpendiculares, y luego se cubren con otra chapa de aluminio. Este sándwich se va después enlazando cuidadosamente con remaches de aluminio. Así pues, las láminas de aluminio soportan la carga principal. Por lo común, no se colocan más de tres capas de aleación. Las chapas de aluminio se emplean también para el control del ruido de alta frecuencia.

Al construir cámaras blindadas, también se emplean algunos nuevos materiales como la manufactura de aleación amorfa mediante rápido enfriamiento de una aleación líquida. La ventaja de la aleación líquida sobre la lámina de aleación de templado regular es que sus propiedades magnéticas son menos dependientes del peso mecánico y como el grosor del nuevo material es menos de 50 micras, la cámara con menos capas será más ligera que otra hecha de un grosor de aleación de 1-1½ mm.

La cámara, sea de un tipo u otro, ha de fijarse en soportes que sobresalen de la base general y no han de tener contacto mecánico con paredes ni techo. Esto ayudará a evitar la deformación de las chapas de la cámara durante su operación.

Estas cámaras suelen construirse hasta de 10 m³ de volumen interno. En este espacio se puede ya colocar el objeto, en una camilla no magnética, los sensores y un asistente de laboratorio.

La primera cámara de aislamiento magnético se construyó aproximadamente en 1967 en la *P. Bitter National Magnetic Laboratory*. El primer Informe sobre un registro, por promedio, de un *MEG*, con un Sensor de Inducción y el uso de un *EEG* como señal de referencia, se publicó en 1968. Y cuatro años más tarde se informó de la posibilidad de un registro directo de un *MEG* con un *SQUID* en una cámara de aislamiento. Tres años después, los investigadores finlandeses, (Ahopoltto, et al., 1975), informaron de la posibilidad de un registro del *MEG* con un gradiómetro *SQUID* en una simple cámara de madera, situada en una zona libre de influencias magnéticas.

2.4.5. VALIDACIÓN INSTRUMENTAL: PRIMEROS RESULTADOS EN INVESTIGACIÓN BIOMAGNÉTICA CON LOS SQUIDS

He intentado describir en apartados anteriores el instrumental empleado en biomagnetismo. Ahora voy a intentar presentar los resultados más relevantes encontrados en la investigación biomagnética. Hoy se investiga casi exclusivamente con *SQUIDS*, pero no siempre fue así. La validación científica de estos instrumentos se previó, y así lo viene siendo, larga y muy difícil, aunque al mismo tiempo apasionante y muy fructífera. Los resultados conseguidos hasta hoy, alumbran cantidad de líneas de investigación nuevas.

En esta validación de los *SQUIDS*, no se puede dejar de citar la labor pionera, junto a James E. Zimmerman, de David Cohen y Samuel Williamson. Están reconocidos como los inspiradores y auténticos pioneros sobre todo del *MEG*, la línea de investigación más desarrollada dentro del biomagnetismo. Con el *SQUID* a su disposición se lanzan a su validación. Los primeros pasos se dirigen a probar la simple capacidad de detección y análisis de diversos tipos de *CMs*. Y animan con sus Informes Científicos en Revistas, Conferencias, y Comunicaciones en Congresos, a los diversos grupos de investigadores de todo el mundo a que sigan investigando en biomagnetismo, tal como queda reseñado al comienzo de este capítulo. A pesar del entusiasmo inicial, la desorientación de muchos investigadores, en cuanto a técnicas y líneas productivas de investigación, fue enorme. Pero pronto cada equipo parece que va desechando temas de poca proyección experimental o clínica y especializándose en

otros. Los resultados van poniéndose en común en los diversos Congresos y Revistas. Hoy puede afirmarse que los investigadores saben lo que quieren, lo buscan con insistencia y están comunicados.

Lo normal, en esta labor de validación, es que hayan estudiado CMs en seres vivos, procediendo a detectar señales desde las de mayor amplitud, hasta las más débiles. Así pues, el primer paso fue estudiar los CMs provocados por los órganos eléctricos de ciertos peces. De aquí se saltó al estudio del CM inducido por la estimulación de un nervio. Siguiendo la amplitud de señal, el siguiente paso era el estudio del MCG, que ocupó gran cantidad de esfuerzos, equipos, tiempo, dinero...

Incluso se han hecho incursiones experimentales de magnetomiografía, magnetooculografía y magnetoretinografía: Con ellos se intentó descubrir la posibilidad de detectar CMs provocados en el curso del funcionamiento de Músculos estriados, del globo ocular o de la retina.

Teniendo en cuenta la orientación psicológica dada al tema, me voy a extender especialmente en aquellos mecanismos de generación de CMs provocados por corrientes alternas y de manera especial en los CMs provocados por el cerebro.

2.4.5.1. Campos Electromagnéticos de los Órganos Eléctricos de Peces

Son los CMs de mayor amplitud provocados por un ser vivo. Lo producen con la descarga de su órgano eléctrico. Estos estudios han servido de instrumento a través del cual se han iniciado algunos investigadores en el estudio experimental de la función biológica del campo magnético. En esta investigación, aparte de la alusión al inglés *D. Dawy*, hay algunos otros estudios publicados. Destacan entre estos los realizados por un equipo de investigadores rusos con *Protasov* como investigador más destacado. Estudiaron, en experimentos repetidos, la naturaleza de los parámetros del CM del pez siluro/bagro (*Malapterus electricus*). Para los experimentos instalaban al pez en un acuario de cristal. Colocaban electrodos en paredes opuestas dentro del agua. La estimulación era mecánica, mediante una barra de cristal. Para detectar el CM emplearon un OPM colocado a distancias diferentes del agua. Se registraron simultáneamente tanto la señal eléctrica como la magnética con un magnetógrafo. La señal, provocada según diversas situaciones comportamentales, era de tal magnitud que traspasaba el agua, las paredes del acuario y el cobre de la magnetoinducción. Detectaron un CM con una resolución del orden de $10^{-12}T$, en el rango de frecuencias de sonido. Y cosa curiosa, pudieron detectar el CM, solamente, cuando la cabeza del pez apuntaba al sensor del magnetómetro. No se detectaba cuando el pez se situaba de espaldas o de lado, aunque la señal eléctrica seguía siendo poderosa ante el estímulo en cualquier postura y situación del pez. Y descubrieron otro dato: La amplitud de la señal estaba relacionada con la distancia entre el sensor y el acuario con el pez. A 1 cm de distancia entre el sensor y la pared de cristal, con el pez de frente y convenientemente estimulado se detectaba una señal por encima de $100pT$. Esa señal disminuía con el sensor a los 2 cm de distancia, mucho más a los 49 cm, y era casi imperceptible a los 90 cm.

Una primera conclusión de lo expuesto es que los componentes electromagnéticos de esa señal pueden detectarse, dada su amplitud, con varios tipos de magnetómetros, y de forma no invasiva. Simplemente a distancia. Además, también puede deducirse que, con estos métodos biomagnéticos, se alcanza a estudiar el comportamiento de cierto tipo de peces en su propio medio de vida y analizar después funciones biológicas de los diversos componentes del campo electromagnético.

Otra conclusión más: Los estudios del componente magnético de la descarga eléctrica de ciertos peces pueden ayudar a resolver importantes problemas planteados en Ecología Electromagnética y también aclarar algunas cuestiones más del moderno magnetismo. Estos estudios del CM provocado por corrientes alternas están estrechamente relacionados con la Magnetobiología (Kholodo, et al., 1990).

2.4.5.2. *Campas Magnéticas Provocados por los Impulsos Nerviosos*

Medir los débiles CMs producidos por fuentes biológicas, actualmente, es técnicamente muy difícil. Mucho más aún la detección de CMs provocados por el impulso de un solo nervio. A pesar de esta dificultad, hasta dos equipos de investigadores rusos y uno americano trabajaron en ese intento ya desde los años 30. Gengerelli nos cuenta que en 1942, intentó, sin éxito, detectar el CM producido por la estimulación del nervio ciático de una rana. Empleó como sensor una bobina de alambre con solo 30 vueltas. Y tanto rusos como americanos, tuvieron que ir dando diversas explicaciones a sus continuos fracasos. Una de ellas fue que el flujo magnético tanto del nervio ciático, como el proveniente del corazón y los músculos de la rana, se aproximaba a cero. Conclusión prudente, pero que no satisfizo a nadie. Gengerelli, 20 años después, empleando esta vez una improvisada bobina con 12.000 vueltas, declara haber tenido, por fin, éxito en la detección de dicho campo magnético (Gengerelli, et al., 1961).

Pero, como manifiesta Cohen, pocos daban crédito a estos Informes. Y es que estos primeros pasos en la investigación biomagnética lo único que provocaban era, como mal menor, gran escepticismo en la mayoría de los investigadores ajenos al tema. Esta actitud exigió a los pocos investigadores comprometidos en esta tarea pionera grandes dosis de persistencia para superar numerosas dificultades, y no sólo técnicas e instrumentales, sino especialmente actitudinales.

Hasta que en 1980 se logra confirmar la existencia de dichos campos magnéticos. Los científicos emplearon ya los modernos *SQUIDS*. Este año de 1980 se publica en la revista *Science* un Informe Científico donde aparecen, confirmados, estos datos (Wikswow, and Barach, 1980). Los redactores anuncian que las medidas se detectaron en un nervio ciático aislado de una rana, al aplicarle una estimulación eléctrica. Un promedio de 100 respuestas en el rango por debajo de 1 kHz produjo una razón señal/ruido por encima de 30-40. El pico principal de la señal magnética alcanzó los 125 pT. Aclararon, también, que la polaridad, problema no resuelto hasta entonces, cambiaba, pero dependiendo dicho cambio de si la aplicación de la estimulación se hacía en la zona distal o próxima al final del nervio.

Quedaba así probado el hecho de la existencia y detección de un CM provocado por la estimulación de un nervio. Pero los investigadores dieron a estos resultados un valor más bien teórico dentro del biomagnetismo.

Porque querían ir más lejos aún en esta línea de investigación. Un nervio aislado de rana tiene alrededor de 2.000 fibras. El paso siguiente podría resultar mucho más interesante y era el detectar el CM inducido por un solo axón aislado. Y en 1982, los mismos D. Wikswow, et al., informaron en la *Fourth International Workshop on Biomagnetism*, de haber detectado un CM proveniente de un solo axón, pero esta vez de un axón medial aislado de una langosta de 2 kg. Un promedio de 100 respuestas, en la banda de 0.1 Hz - 5 kHz produjo una razón señal/ruido igual a 15 (Williamson, et al., 1983; Roth, Woosley, and Wikswow, 1985).

En esa misma semana, y el mismo equipo, presentó otro Informe donde aseguraban haber detectado el CM de las fibras de Purkinje del corazón de una rana con una razón señal/ruido igual a 10, detección que llevaban décadas sin poder confirmar (Roth, et al., 1985).

Queda demostrada así la validez de las nuevas técnicas para la detección de CMs en estructuras musculares e, incluso, en nervios aislados. Pero se impuso la tendencia práctica y la línea más seguida desde entonces es la validación de tales instrumentos y técnicas para captar esos CMs en músculos y corazón, pero de un organismo completo y vivo.

2.4.5.3. Campos Magnéticos de los Músculos Esqueléticos (MMG)

El primer Informe Científico del experimento sobre la detección de un CM provocado por la contracción de un simple músculo esquelético se publicó en 1972. Lo firmaban Cohen y Givler. Emplearon un SQUID. En dicho Informe comunican que al colocar la cabeza sensora del SQUID junto al antebrazo del sujeto detectaron un CM. La amplitud registrada estaba por encima de 20 pT y con una frecuencia pico de 40 Hz. La frecuencia pico de un MMG detectado por encima de la muñeca humana fue de 80 Hz (Cohen, and Givler, 1972)

Unos años después, también con un SQUID, Reite, et al., (1976), detectaron oscilaciones alternas en MMG de 2 pT de magnitud, y observaron también cómo la relajación de los músculos conseguía que estas oscilaciones desaparecieran. Investigadores rusos mantienen haber obtenido resultados parecidos, empleando un OPM como magnetómetro

No hay constancia de investigaciones parecidas con animales.

Pero a pesar de la relativa simplicidad de la grabación de un MMG y de las buenas perspectivas de un estudio no invasivo de los músculos, no se han realizado progresos en esta área.

2.4.5.4. Campos Magnéticos del Ojo (MOG y MRG)

En esta área se engloban registros de Magnetooculografía (MOG) y Magnetoretinografía (MRG). Estos registros se realizaron por primera vez empleando un SQUID. Los investigadores de esta área son casi todos finlandeses. El estudio del MOG lo encabezan P. Karp junto con T. Katila, P. Mäkipää y P. Saar (1976), y el del MRG, lo lleva a cabo K. Aittoniemi, junto con T. Katila, M. Kuusela y T. Varpula (1979). También Cohen interviene en alguna investigación sobre el tema. Y a juzgar por la falta de otras referencias parece que son solamente los investigadores citados quienes han estudiado el tema. Los finlandeses comunican que al estudiar el MOG notan cómo, al mover los ojos, los sujetos provocaban una señal magnética del orden de 10 pT. E hipotetizan que la posible fuente de tal señal era un dipolo situado entre la retina y la córnea con una magnitud de 100 μI . Y dada esta magnitud suponen y previenen que los movimientos del ojo tienen que introducir 'artefactos' en el proceso de detección de cualquier MRG realizado en la zona frontal del cerebro.

El análisis del MRG mostraba una señal lenta del orden de 5 pT mientras el ojo se adapta a la obscuridad. Un fogonazo de corta duración producía en la retina un MRG completamente similar al electroretinograma (ERG).

También observaron que el MRG surgía simultáneamente con la onda Alfa del ERG, 30 milisegundos después de la aplicación del estímulo y tenía una amplitud de 100 fT, una de las señales más débiles captada en biomagnetismo moderno.

A pesar del éxito y entusiasmo de los finlandeses, el empleo del MRG se ve como una técnica a desarrollar a largo plazo y de muy difícil aplicación. No hay constancia de investigaciones con animales.

2.4.5.5. Magnetocardiografía (MCG)

En el estudio del Biomagnetismo, la línea de investigación, que ha interesado durante más tiempo a los investigadores, es la del MCG. Se supone que, por la naturaleza de máxima potencia de señal electromagnética emitida por el corazón, y, además, por intuir en estas investigaciones una proyección clínica inmediata, dada la cantidad de afecciones cardíacas que se padecen, es una de las líneas de Investigación, dentro de la investigación Biomagnética, que más dineros, tiempo y equipos ha captado en su estudio y aplicaciones. Y hay que admitir que los problemas que su estudio ha planteado van exigiendo soluciones técnicas cada vez más complejas y refinadas. Y el estudio prosigue. Muchas de las soluciones técnicas dadas a la MCG, han servido para diseñar el estudio posterior del MEG.

El primer MCG experimental se consigue mediante Magneto-Inducción. En 1963, Baule y McFee, comunican que habían logrado detectar un CM fluctuante por encima del pecho. Y lo habían registrado simultáneo con otro registro de los potenciales eléctricos mediante un electrocardiógrafo (Baule, and McFee, 1963).

Cuatro años después, Safonov (1967), jefe de un equipo de investigadores rusos comunica en una revista rusa haber conseguido el MCG de una persona, dentro de una cámara especial de aislamiento con paredes metálicas de 1½ cm de espesor, capaces de atenuar más de 10 veces el 'ruido' del CM (Kholodov, et al., 1990).

Estos primeros éxitos, lo mismo que los otros con la detección de los CMs de los impulsos nerviosos de las fibras, ya enunciados, también son recibidos con incredulidad y escepticismo y por eso pasan desapercibidos para muchos.

Pero en 1984, se produce algo nuevo que viene a dar validez a lo anterior. Se anuncia la detección y registro de un MCG empleando ahora un instrumento nuevo, el SQUID. Lo habían registrado en una cámara de aislamiento. Habían colocado los sensores a la distancia de algunos centímetros sobre la superficie del pecho. Para el MEG lo colocarán a unos milímetros sobre el cráneo. Habían empleado también una matriz especial de coordenadas, que más tarde servirá para la elaboración de mapas, tanto del MCG como del MEG.

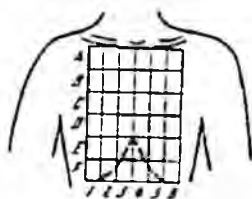
No era más que el comienzo de algo muy grande y nuevo. Inmediatamente se contempla el uso clínico del MCG, como Método de Investigación Cardíaca. Pero los primeros entusiasmos chocan con dificultades de todo tipo. Uno de esos problemas, muy complejo y difícil, fue que no existía un modelo electromagnético del funcionamiento normal/anormal del corazón. Los intentos de interpretación terminaban en fracaso. Esto restringía la investigación. Pero a base de mucha práctica e insistencia llegan a atisbar que un sistema válido de análisis podría ser el de ir correlacionando los datos MCG, los del ECG, la forma esférica del corazón y los datos clínicos y patoanatómicos. Varios equipos dedican mucho tiempo a estudiar el MCG en relación con el ECG registrado simultáneamente, según técnica de Frank, compuesto de un sistema regular de 12 electrodos.

El corazón genera un campo magnético fluctuante potente, alcanzando un poco menos de 10^{-10} nT (Tabla 2.4.2), en sujetos sanos. Las fibras del músculo cardíaco se despolarizan simultáneamente. De ahí la potencia del campo. Los corazones con algunas alteraciones sobre lo que se considera normal producen señales distorsionadas y de amplitud mayor.

La calibración del nuevo magnetómetro la hicieron empleando un CM artificial. También se evaluó el 'ruido' magnético antes de cada experimento. La señal se imprimió con plotter para su análisis visual y además fue procesada por ordenador.

La normalización del MCG se consigue mediante el sistema de 36 puntos de captación, sistema propuesto en la '1ª Conferencia Internacional sobre Biomagnetismo'. El sistema consiste, en esencia, en una parrilla de 6 líneas verticales y otras 6 horizontales y equidistantes entre sí (Figura 2.4.7):

Figura 2.4.7: Parrilla de Registro del MEG por encima del pecho humano



Los márgenes derecho e izquierdo del pecho quedan limitados por unas líneas directas que conectan los puntos medios de las clavículas y los arcos costales. El margen superior viene limitado por la línea que conecta los puntos medios de las clavículas. El margen inferior viene limitado por la línea que conecta los puntos medios de los arcos costales y deja la hendidura xifoidea entre los cuadrantes *D3* y *D4*. Señalada así la superficie, con los 36 puntos de sondeo, miden los componentes del *CM*, perpendiculares al torso. Este es el sistema más común y el que emplean la mayoría de los equipos. Se convierte así en el sistema de *Mapping Precordial*, pues reúne todos los requisitos de una simulación máxima del diagnóstico clínico porque sirve para registrar la mayor parte de indicadores cardiológicos, como son el ritmo cardíaco, posición del corazón, variante de la norma, estado funcional del sistema conductor y patología del miocardio contráctil.

A partir de aquí se han generado lo que se llaman los *mapas magnetocardiográficos* que sirven para comparar el *MCG* con el *ECG* de sujetos sanos y enfermos y actuar en diagnóstico y terapias.

2.4.5.6. Magnetoencefalografía (MEG)

2.4.5.6.1. Introducción: Soluciones Técnicas Previas

Los investigadores en el campo de la Magnetografía han seguido el camino ya esbozado: De la *Electrografía* pasaron a la *Electrocardiografía* y de la detección del *MCG* a la detección no invasiva con el *MEG*. En esta serie de saltos, la influencia, no sólo del progreso científico general, sino muy especialmente del tecnológico, siempre ligado estrechamente a él, ha sido fundamental. G. Berger registró el primer *EEG* 45 años después del primer *ECG* y Cohen informa de lo que fue el primer *MEG*, cinco años después del primer informe científico sobre un *MCG*. Y es que, en realidad, son Cohen y Williamson, autoridades en el estudio del *MEG*, quienes marcan la línea de trabajo que muchos consideran como auténticamente pionera. Publican cantidad de trabajos, antes incluso del diseño de los *SQUIDS*. Cuando disponen de los *SQUIDS*, ellos mismos, a través de las *Conferencias Internacionales* y en *Revistas* y otros diferentes medios, comunican sus informes y animan a otros muchos equipos a hacer lo mismo. El equipo interdisciplinar de investigación moderna formado en la *Universidad de Nueva York*, y dedicado casi exclusivamente al estudio del biomagnetismo y especialmente al *MEG*, sirve también de modelo. Se puede hablar casi de auténtica fiebre por validar, con datos científicos, el nuevo instrumental.

Las aproximaciones a este cúmulo de informes y datos pueden ser varias. Una de ellas es clasificar los estudios en función de los mecanismos de generación de los *CMs*. Como aclaración a esta clasificación podemos distinguir, hablando de biomagnetismo, los *CMs* inducidos por corrientes alternas producidas por los objetos biológicos, tanto de forma espontánea como evocados por diversos estímulos. Se hace esta precisión, ya que dentro del biomagnetismo actual también incluyen algunos los estudios de *CMs* relacionados con *CMs*

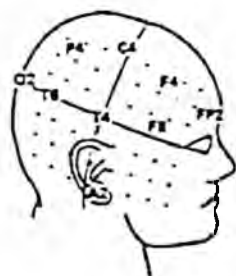
inducidos por corrientes continuas y también otra línea de estudio que tiene por objeto la influencia de las '*inclusiones*' naturales y artificiales en el biosistema, rama de estudio muy relacionada con las investigaciones sobre propiedades magnéticas de los tejidos animales.

Al acercarnos al estudio del *MEG*, otra forma de aproximación, tal vez la más común entre quienes trabajan en el campo de las llamadas Neurociencias, y entre quienes revisan los estudios sobre biomagnetismo moderno, es fijarse en los órganos estudiados que inducen diversos tipos de *CMs*, tanto de forma espontánea como evocada. Dentro de esta aproximación, también se tiene en cuenta otra gran distinción, sobre todo si se habla del SNC o Córtex Cerebral: Cerebro Sano y Normal y Córtex enfermo. Los investigadores en el campo de la magnetografía, lo mismo que en electrocardiografía han procedido de la detección de *CMs* en el corazón a la detección no invasiva de *CMs* del cerebro.

Cuando los investigadores se enfrentan a la detección y estudio del *MEG*, han tenido que solucionar, previamente, una serie de problemas muy complejos y difíciles, y han tenido que configurar un modelo de análisis de los datos. Disponían de los elementos de análisis que se empleaban en el *MCG*. Esto les ayuda mucho. Entre los elementos de ese modelo de análisis se encuentra:

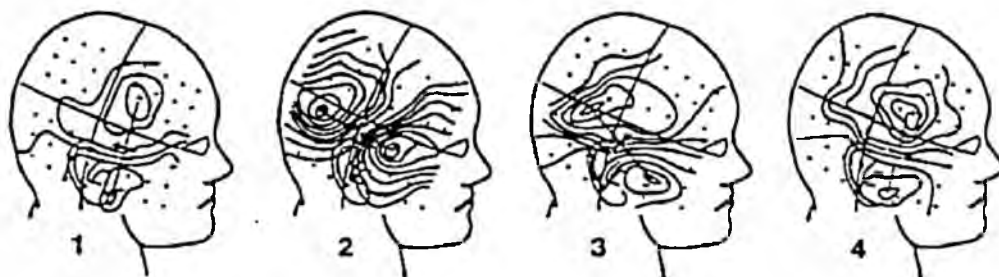
1°. RELACIÓN DE LOS MEGs CON SUCESOS EXTERNOS: Estos hechos externos podrán ser, unas veces algún tipo de estimulación sensorial o una actividad motora voluntaria, y otras pueden ser producidos espontáneamente, como ocurre en el estudio de las descargas epileptoides. En todos esos casos es típico tratar esos registros en unidades limitadas de series temporales y realizar un promedio de la señal. Se saca ese promedio para mejorar no sólo la razón señal/ruido, sino también para asegurar su fiabilidad. Resuelven que la '*amplitud*' de esa serie temporal respecto a una latencia concreta es proporcional a la densidad del flujo magnético instantáneo en un punto concreto. La '*polaridad*' de la serie temporal representa la dirección de las líneas del campo en ese punto, tanto si entra como si sale de la cabeza. Emplean también una '*matriz*' de puntos de sondeo para marcar el campo (*Figura 2.4.8*). En *MCG* se empleaba algo parecido. Los registros de cada punto de la matriz tendrán que integrarse, por ordenador, en mapas topográficos que representen la distribución espacial, la amplitud y la polaridad de los *CMs* en puntos seleccionados en un tiempo dado.

Figura 2.4.8: Matriz rectangular para medir el MEG, sobre el hemisferio derecho



2°. LA LOCALIZACIÓN DE UNA FUENTE que produce un *CM* concreto. Se llega a la conclusión que depende de las características del campo medido y también del modelo asumido para la fuente que la genera. En el modelo más sencillo, que se basa en un dipolo, la '*orientación*' de la fuente se asume que es ortogonal a una línea que conecta los dos extremos del campo. La '*localización*' superficial de la fuente se asume que se situará entre los extremos del campo. La dirección de la corriente se determina aplicando la regla mano derecha a la dirección de circulación del campo (*Figura 2.4.9*).

Figura 2.4.9: Mapas cerebrales que muestran los campos magnéticos según matriz rectangular



3º. LA PROFUNDIDAD. El cálculo de la profundidad de la fuente se hace teniendo en cuenta la distancia entre los extremos y ciertos presupuestos sobre el tipo de 'volumen' que contiene la fuente. El modelo de campo producido por un dipolo de corriente, incrustado en un 'volumen' conductor finito, depende de la geometría del 'volumen'.

Cuffin y Cohen (1977a), han resumido los modelos derivados para 'volúmenes' semi-infinitos, para la esfera y otras formas que se aproximan a la del cráneo humano.

Para la aproximación esférica de la cabeza, Williamson y Kaufman (1981b) han elaborado un *algoritmo* para calcular la profundidad de fuentes. Este *algoritmo* depende del diámetro de la cabeza para la localización superficial de la fuente y de la longitud del arco que separa los dos extremos magnéticos obtenidos en la superficie. No obstante, desviaciones importantes del modelo esférico pueden afectar a la localización derivada del modelo observado. Tales desviaciones necesitan análisis más complicados para conseguir una localización cuidada de fuentes intracraneales provenientes de campos magnéticos medidos intracranealmente.

2.5.6.2. Actividad Magnética Espontánea de un Cerebro Normal

1º. Información Básica en los Principales Ritmos Cerebrales

Voy a intentar resumir los hallazgos más relevantes realizados por dos equipos de investigadores, el equipo *USA* y el *FINLANDÉS*, los dos equipos pioneros, y en posesión y empleo, desde su diseño, del *SQUID*.

Tanto unos como otros manifiestan haberse empleado como sujetos. Y no eran más de 5 miembros en cada equipo.

El procedimiento para el registro del *MEG*, consistía en ir colocando el *SQUID*, comenzando desde atrás, por encima de la cabeza del sujeto. Simultáneo al *MEG*, registraban el típico *EEG*, de cada una de las áreas que iban sondeando con el *SQUID*. Lo único que pedían a los sujetos era que cerraran y abrieran los ojos.

Ritmo Alfa

Ya en los primeros ensayos, y tal como esperaban, observaron que el simple acto de cerrar los ojos provocaba *ritmos Alfa*, captados tanto en el *EEG* como en el *MEG*. El análisis de ambos registros no mostró total identidad entre estas dos características. También observaron una cierta asimetría del ritmo Alfa en el *MEG* entre ambos hemisferios. Hipotetizaron que las fuentes electromagnéticas tanto del *MEG* como del *EEG* se originaban

en los lentos procesos sinápticos más que en los picos de las neuronas. También calcularon equivalencias de amplitudes: 1 pT de amplitud en el *MEG*, se correspondía con $50 \text{ } \mu\text{V}$ en el *EEG*.

La distancia base entre sondeos era de 6 cm. Al principio trabajaron con un sólo *SQUID*. Pronto se diseñaron *SQUIDS* de 4 y de 8 canales. Los sensores se situaban, apropiadamente orientados, a varios milímetros de distancia del cuero cabelludo. El sujeto permanecía tumbado en una camilla no magnética. El *EEG* se registraba mediante dos sondas, con electrodos no magnéticos bañados en plata y rellenos de pasta conductora. Uno de los electrodos se fijaba a 3 cm por encima del inion y el otro en cada zona de sondeo del *MEG*. El electrodo neutro se adhería al lóbulo de la oreja. La banda de registro, tanto para el *MEG* como para el *EEG*, oscilaba entre 0.3 - 15 Hz. Se calcularon los niveles de ruido provocados por el funcionamiento del sistema gradiométrico, que rondaba, según sus cálculos, a esas frecuencias, en torno a los $5 \cdot 10^{-11} \text{ T}$ de media. Las señales *MEG* y *EEG*, convenientemente filtradas de ruidos y muy amplificadas, se grababan en canales electromagnetográficos y de forma simultánea y, además, normalmente se procesaban por ordenador.

Los análisis *MEG-EEG*, solían hacerse tomando secciones de 10 segundos. En las comparaciones de los espectros *MEG-EEG*, encontraron que algunas secciones de la banda de *ritmo Alfa* coincidían considerablemente, aunque no totalmente.

La amplitud máxima, pico a pico, del *ritmo Alfa* y en sujetos considerados normales, oscilaba entre $2'$ a $3'$ pT . Pero llegaron pronto a la conclusión de que el *ritmo Alfa* se caracterizaba frecuentemente por una gran variabilidad de amplitud intersujetos.

Ritmo Zeta

Este ritmo fue la forma de onda común en el registro del *MEG* durante el estado de sueño. No se detectó dicho ritmo en estado de vigilia. El *MEG* no mostró función en forma de huso durante el sueño.

En el curso de una hiperventilación aparecieron ondas lentas, unas veces en el *MEG*, otras sólo en el *EEG*, y a veces en ambos. La falta de correlación entre *MEG* y *EEG* puede atribuirse al corto número de sondas provenientes del sujeto que dormía y al empleo de un instrumento de un sólo canal.

Ritmo Delta

Los registros, tanto del *MEG* como del *EEG*, en la banda del *ritmo Delta* son muy difíciles de discriminar, ya que los 'artefactos', traducidos a señales, y provenientes del corazón, se sentían en esa misma banda. Pero con el empleo de magnetómetros de alta resolución espacial mostraron ausencia de correlación entre *MEG* y *EEG* (Williamson, et al., 1983).

Ritmos Beta y Gama

Las señales magnéticas en las bandas de frecuencias *Beta* y *Gama*, en el estado normal, apenas pueden diferenciarse de lo que es el 'ruido'. Llegan a ser detectables a la frecuencia de 23-25 Hz (Williamson, et al., 1983), tras la toma, por parte de los sujetos, de tranquilizantes.

2°. Primeros Mapas Cerebrales

Tras los primeros análisis y comparaciones, descubren que los espectros *MEGs*, en la banda Alfa, tenían más componentes que los espectros *EEGs* (Figura 2.4.9). Se atribuyó esa abundancia de componentes al sistema de sondeo del *MEG*. Con estas comparaciones surgen elementos con los que van elaborando *mapas* buscando las áreas limitadas que arrojaban amplitud máxima de 0.3-0.8 μT .

A través de estos primeros mapas se detecta enseguida que la actividad Alfa se producía solamente en las áreas occipito-parietales, registros que no aparecían en las áreas frontales y temporales.

Variaron la fase, y entonces la relación *MEG-EEG*, de una misma sonda, les llevó a hipotetizar una doble causa: O bien ambos reflejaban fuentes que operaban sincrónicamente, o bien unas mismas fuentes producen componentes de frecuencia diferentes. La duplicidad queda aclarada mediante análisis detallado de localización de los mapas *MEG* y *EEG* para subrangos de *ritmo Alfa*. El de frecuencias *Alfa Altas y Bajas*.

Los focos de actividad Alfa no aparecen claros en todos los sujetos. En una serie experimental, con 13 sujetos y con casi 150 sondeos, detectaron claramente esos focos en 11 sujetos y no en los tres sujetos restantes. Detectaron los límites del *MEG* solamente en el área parieto-occipital. Esa actividad era de nivel de ruido en las áreas frontal y central.

Los límites de los campos detectados eran simétricos en relación con la línea sagital con una precisión de más de 5 mm en 9 de los sujetos. No se pudo comprobar simetría en espejo en 6 de los sujetos. No se encontraron límites por encima de esa línea sagital. La amplitud interhemisférica del *MEG* fue más o menos similar en 9 sujetos. El hemisferio izquierdo era dominante en un sujeto y el hemisferio derecho lo era en otro.

Esa localización de fuentes para los componentes *MEG* de frecuencias Altas y Bajas del ritmo Alfa, se elaboró para todos los sujetos. Los generadores de fuentes *MEGs* se localizaron en torno a la fisura calcarina y en las áreas temporo-parieto-occipitales.

Se llega, incluso, a elaborar clasificaciones de los sujetos en función del nivel de actividad Alfa en el *MEG*: a) Sujetos cuyos límites del *CM* se detectan principalmente en sondas occipitales; b) Sujetos con *CM* detectados en sondas parietales, y, c) grupo mixto. La variabilidad fue atribuida a la diferente geometría individual de las fisuras y de los giros, y a la distribución de los campos del córtex en ellos.

El hecho de no encontrar límites en los *MEGs* en las áreas central y frontal lo interpretaron como que: a) las fuentes que generan el foco central de ritmo Alfa en el *EEG* están orientadas radialmente; y, b) no existen fuentes poderosas de *ritmos Alfa* en las regiones frontal y precentral.

El examen dinámico de mapas isopotenciales con ordenador en color les reveló, al menos en 8 sujetos, un foco de actividad Alfa en las áreas temporo-parietales de cada hemisferio. Cada foco se formaba por rotación de la línea cero isopotencial alrededor de uno de los puntos en las áreas temporo-parieto-occipitales. Pudieron observarlo visualmente como movimiento circular de ondas espirales y un suave deslizamiento de su centro de rotación.

2.4.5.6.3. Campos Magnéticos Evocados (CMEs)

El empleo de *CMEs* es el sistema más usado para detectar fuentes de actividad cerebral. Mediante este sistema se detecta la respuesta de ciertas estructuras del cerebro ante un estímulo adecuado, registrado como una modificación del *CM*. Los estímulos empleados en

estos experimentos han sido los usualmente manipulados en Electrofisiología: Estimulos visuales, auditivos, táctiles...

Como es común en todos los registros, todos ellos se efectúan de forma simultánea con el registro de los *Potenciales Evocados* (PEs). Esperan que, estudiando los modelos espaciales asociados a los componentes de los PEs, se pueda ir aprendiendo algo más sobre la naturaleza de las fuentes intracraneales de dichos fenómenos magnéticos.

1º. Campos Magnéticos Evocados (CMEs) ante Estímulos Visuales

El primer investigador en detectar un CME fue Cohen, en 1975. Empleó un simple destello. Tras él, otros investigadores comunican haber detectado CMEs, ante estímulos mucho más complejos.

Documentan haber registrado la respuesta a estímulos visuales más complejos, Brenner, et al. (1975); Reite, et al. (1978), y Williamson, et al. (1981)

Estos estudios son todos ellos productos científicos que se elaboran en el laboratorio de Neuromagnetismo que se pone en marcha gracias al empuje conjunto de miembros de los Departamentos de Física y Psicología de la Universidad de Nueva York. Este equipo multidisciplinar marca la pauta de lo que puede ser la investigación en el campo del Biomagnetismo.

Uno de los investigadores más activos del grupo es E. Williamson. En 1975 publican sus primeros *Informes Científicos*. Sus experimentos los desarrollan en una cámara no blindada, de un laboratorio de la ciudad, y con el sistema gradiométrico del *SQUID*. Los primeros CMEs analizados fueron los provocados por estímulos visuales, auditivos y sensorimotrices (Okada, et al., 1982).

Estos primeros intentos les sirven para descubrir ciertas diferencias entre los PEs y los CMEs, en precisión de localización de fuentes, tanto en el hemisferio derecho como en el hemisferio izquierdo, y también en cuanto a la amplitud e intensidad, su latencia. Esto les anima a un proyecto más ambicioso como es el de: *Trazado de Mapas de Actividad Cortical*.

Comienzan sus experimentos midiendo la respuesta magnética del córtex visual ante una estimulación fugaz. Emplearon un estímulo senoidal modulado de 13 Hz (Brenner, Williamson and Kaufman, 1975; 1981). El mapping de un CME visual vino a apoyar la conclusión de que la fuente eléctrica de los componentes primarios de las respuestas se correspondía con un dipolo que se localiza en el córtex occipital, en un eje de medial a lateral y perpendicular a la fisura mediosagital. El dipolo se localiza a una profundidad de 2 cm. Descubren así la potencialidad espacial de la magnetometría del *SQUID* para evaluar las funciones sensoriales del Córtex Cerebral.

El CME visual transitorio ante una estimulación diseñada contiene una respuesta bifásica que se corresponde en latencia con la del complejo *N100-P200* del PE. Esta respuesta está restringida a las derivaciones occipitales en el Córtex (Richer, et al., 1983), y su distribución es congruente con un dipolo de corriente equivalente en el córtex medial occipital que está orientado a lo largo del eje medial/lateral.

La fuente del CME visual ante una estimulación de semicampo izquierdo está generalmente localizada a la derecha del proveniente de una estimulación de semicampo derecho (Brenner, et al., 1981; Richer, et al., 1983). Ambas fuentes están, no obstante, muy cercanas a la línea media y la estimación de su profundidad debajo del cráneo varía de 12 a 25 mm, indicando que su origen más probable está en el área 17 de Brodman. Un estudio ha encontrado fuentes de profundidad que van creciendo en el córtex con los incrementos en la

excentricidad retinal de la estimulación visual (Maclin, et al., 1983). Esta disposición se corresponde con la conocida organización retinotópica del área 17 del cerebro de un primate.

2º. Campos Magnéticos Evocados (CMEs) ante Estímulos Auditivos

El primer Informe del registro de un (CME) ante un estímulo auditivo se publica en USA. Desde entonces, los mayores esfuerzos se han centrado en la mayoría de los diseños en la identificación de la respuesta vértice. Los estímulos que se emplearon desde los primeros experimentos fueron estímulos transitorios como tonos, chasquidos (clics), habla... La descripción de la respuesta magnética evocada se puede concretar resumiendo las características comunes que la componen. Podemos encontrar ciertos elementos/características comunes. Contiene un complejo bifásico similar al de los componentes *N100-P200* y potenciales lentos de los *PIs*. En una recapitulación de 512 realizaciones la amplitud media auditiva del (CME) fue de 0.5 pT . Se desarrolló un modelo de fuente, compuesta de dos dipolos de corriente, verticalmente orientados, y localizados a ambos lados de la fisura longitudinal, a $2-3\frac{1}{2} \text{ cm}$ de profundidad dentro del lóbulo temporal, bien en la región del *Giro de Heschls*, o bien en el córtex auditivo primario. Las latencias exactas varían según los experimentos.

Hablando de (CMEs) ante estímulos concretos: En ciertas situaciones como ante estímulos '*repetidos*' a intervalos de 0.25 segundos se ha encontrado, además de las anteriores, una respuesta rápida, la *P50* y su análoga magnética. Fue detectada y localizada debajo de la *fisura de Silvio* (Reite, et al., 1978; Farrel, et al., 1980; Zimmerman, et al., 1983).

'*Un tono de larga duración*', monoaural, de 1 Hz y 800 m, producido con tubo de plástico, puede provocar la elicitación de una elevación potencial sostenida durante varios cientos de milisegundos después de los *N100-P200* (Hari, et al., 1980). Otros investigadores, también daneses, (Elberling, et al., 1980) aplicaron también el mismo tipo de sonido, pero durante 500 m. La máxima amplitud del (CME) fue de 0.5 pT , para una latencia de 100 m y de 0.3 pT para una latencia de 180 m.

Las respuestas magnéticas auditivas ante tonos y chasquidos simultáneos manifiestan asimetría interhemisférica. Las respuestas ante estimulación contralateral son más amplias que las elicitadas por estimulación ipsilateral (Elberling, et al., 1980; Reite, et al., 1981). Esa asimetría se detecta con mayor claridad cuando la estimulación se percibe por el oído derecho. Elberling, et al., (1981), precisan aún más: Informan de que las respuestas magnéticas contralaterales se producen unos 9 m antes que las respuestas ipsilaterales. Estos efectos de lateralidad contrastan con la naturaleza ampliamente extendida de los *PIs* ante estimulación ipsilateral.

Se han publicado Informes sobre las diferencias sistemáticas en la distribución en el cuero cabelludo de los (CMEs) ante tonos constantes y cambiantes de diferentes frecuencias (Elberling, et al., 1982; Romani, et al., 1982b).

Tales diferencias espaciales en las localizaciones calculadas de la fuente, como una función de la frecuencia del estímulo sugieren una organización (*mapa*) tonotópica del córtex auditivo.

3º. Campos Magnéticos Evocados (CMEs) ante Estimulación del Sistema Somato-Sensorial

Los (CMEs) somáticos, emitidos ante la débil estimulación eléctrica de varias partes de las extremidades humanas se estudió por primera vez en el laboratorio de Neuromagnetismo de

la Universidad de Nueva York. Ante '*estímulos eléctricos constantes*' aplicados en los dedos, detectaron un campo dipolar en el hemisferio contralateral a la mano estimulada (Brenner, et al., 1978). Estos y otros estudios posteriores apoyan la hipótesis de que los *CMEs Somatosensoriales* medidos pueden responder a fuentes tangenciales al pericráneo, orientadas a lo largo de un eje antero-posterior, muy probablemente perpendicular a la Fisura de Rolando y a una profundidad media de 2.2 cm. Parece que no se detectan *CMEs Somato-sensoriales* en el lado estimulado (Okada, et al., 1982).

En conclusión El método de los *CMEs* facilita la elaboración de mapas que pueden ayudar a discriminar, de forma no invasiva, ciertas zonas corticales de proyección somatosensoriales ofreciendo mayor resolución que los registros de los *PEs* relacionados con la localización de la misma estimulación. Además, las pruebas de la existencia de campos dipolares ante la estimulación de los dedos gordo, índice, meñique y tobillo sugieren la organización somatosensorial de lo que se ha propuesto como la zona somatosensorial primaria del córtex (Okada, 1983; Okada, et al., 1984).

Muchos de los Informes presentados en la '*5ª Conferencia en Biomagnetismo*' estuvieron dedicados, precisamente, a la detección de las fuentes de *CMEs* ante estimulación auditiva, visual y eléctrica de diferentes nervios humanos. También se consideró la parte que jugaban las fisuras en la localización de fuentes de *CMEs*, ya que el *SQUID* es capaz de detectar corrientes horizontales (tangenciales) y el Córtex Cerebral tiene una estructura columnar.

2.4.5.6.4. Actividad Magnética Espontánea del Cerebro Enfermo

Cómo localizar con precisión 'Centros de Epilepsia'

El *EEG* es incapaz de facilitar esa información. Por eso este proyecto reviste una especial importancia. Lo dirigió el Dr. Daniel Barth (Barth, et al., 1984)

La *Técnica Standard* utilizada, hasta entonces, para detectar los centros de *Epilepsia* consistía:

1. Implantar 10 ó 15 electrodos directamente en el cerebro, previa operación
2. Situarlos en línea e ir moviéndolos a lo largo del cerebro para conseguir un mapa de su actividad
3. Conseguir el mapa de actividad e interpretarlos

Con la *Técnica MEG*, absolutamente *no invasiva*, consiguieron ya

1. Una clara detección de los campos magnéticos
2. Y una señal sin distorsiones del cráneo o tejidos, más allá de la suministrada por el *EEG*.

Esperan, con este tipo de experimentos, encontrar claves de un diagnóstico mucho más exacto de lo que se obtiene con el *EEG*.

El *MEG* de una actividad magnética espontánea se registró en sujetos que padecían algún tipo de trastorno del sistema nervioso. Las mismas propiedades de los registros *MEG* que permiten la localización de fuentes de corriente en un cerebro normal pueden aplicarse al estudio de diversas formas de patologías cerebrales.

El primer *MEG* en un paciente que sufría de epilepsia psicomotora lo registró ya en 1972, D. Cohen. Observó que segundos después del comienzo de una hiperventilación prolongada aparecían ondas Delta de alta amplitud. El *EEG*, grabado de forma simultánea, mostraba mezcla de actividad Delta y Zeta en tres sondas. El *EEG* mostró también una actividad pronunciada en la banda de frecuencias Zeta, actividad no evidente en el *MEG*: Se produce parcial disociación entre la señal registrada del *EEG* y del *MEG*.

En los estudios comparativos entre los *MEGs* y los *EEGs* de diez pacientes que padecían diversos problemas neurológicos (tumor cerebral, depresión, migrañas, desórdenes conductuales, epilepsia generalizada con complejos de *EEG* bilaterales y sincrónicos de onda de 3 Hz de pico), se encontró que los siguientes tipos de actividad se manifestaron mejor en el *MEG* que en el *EEG*: Ondas lentas en relación con el tumor; actividad Alfa en pacientes con ritmo Delta difuso; componentes armónicos de complejos con picos de onda de 3 Hz.

El examen de 80 pacientes que padecían de un rango amplio de trastornos cerebrales tales como epilepsia generalizada y focal, muchas de las cuales aparecieron ser secundarias a las patologías cerebrales identificadas (cicatrices, atrofas, tumores, angiomas, calcificaciones, etc.) revelaron incremento de la actividad magnética en las bandas de frecuencias donde es normalmente baja (0.5-0.8 Hz y 13-22 Hz). Se trazó una alta correlación entre patología y variabilidad de la amplitud de la señal.

Se detectó una región limitada en la cabeza por encima de la cual se registró el complejo 'onda pico'. Esto podría atribuirse a la posible orientación de la corriente que evoca el *CM* detectable.

Desde que se descubrió que, en el *MEG*, el componente pico se refleja más fuerte que el componente onda, los autores se inclinaron a suponer que el complejo 'onda pico' es elicitado por fuentes diferentes.

El examen de 15 pacientes tratados por epilepsia focal (fronto-temporal, rolándica, dextro-occipital, antero-temporal), indicó que los *MEGs* podían ser usados con éxito en todos los casos de epilepsia de Jackson para localizar actividad patológica, incluso cuando se escapaba del *EEG* o no se detectaba anormalidad con el escaneo de Topografía de Rayos X. Los autores (Erné, et al., 1981) detectaron en el *MEG* la actividad punta que se escapaba al *EEG*. Se trazaron las descargas pico en el *MEG* y en el *EEG*. La elevación del sensor del *MEG* hasta la distancia de 3 cm permitió distinguir las áreas de descarga epiléptica y la actividad Delta. La actividad Zeta que se perdía en el *EEG* se detectó en un paciente con glioma dextro-temporal dos semanas después de la operación.

La comparación de las técnicas tradicionales empleadas para buscar focos de epilepsia (*EEG*, *Tomografía Computerizada*, etc.), con la investigación usando el *MEG*, indicó que la precisión de esta última técnica está relacionada con la localización del foco.

El examen de 8 casos de epilepsia focal con el nuevo sistema confirmó que el *MEG* muestra un modelo multifoco que no puede trazarse con el *EEG*. Por tanto los autores encontraron, en términos de localización de focos, más similitud entre la Prueba *Tomográfica* y el *MEG* que entre *Tomografía* y *EEG* (Barth, et al., 1984).

Por tanto, el *MEG* es una técnica prometedora para investigación clínica, que ofrece considerable potencial no sólo para casos de tumores y epilepsias, sino también para el Parkinson, e intoxicaciones alcohólicas y narcóticas.

2.4.6. SQUIDS Y FUTURO: ¿MÁQUINAS PARA LEER EL PENSAMIENTO?

Se puede decir que hay equipos de investigadores, como el de *Helsinki*, que persiguen ese objetivo. Crean verlo posible con el empleo de la *MEG*. Con esta tecnología punta la

investigación cerebral ha dado un vuelco increíble. Las dificultades, no obstante, son enormes, y de todo tipo. Para empezar, enumeramos esas dificultades:

El *equipo*. Según últimos diseños, es enormemente caro. Actualmente sólo existen varias decenas en todo el mundo. Su coste mínimo actual ronda el millón de dólares (ciento cincuenta millones de pesetas).

Pero, aunque caro, se ha empezado a usar en *investigación cerebral*, área de investigación que ha emergido con una fuerza y atractivo increíble. Y no ha hecho, se puede decir, más que empezar. Es un tema que está de moda.

El *SQUID*, de un canal, se desarrolló, como queda apuntado, antes del año 1983. Después se lograron fabricar modelos de cinco.

En 1983, se hablaba ya de un *SQUID* de 7 canales, capaz de realizar mediciones hasta en siete zonas distintas de un área de aproximadamente 13 cm^2 . Dos *MEG* de este tipo pueden proporcionar catorce lecturas simultáneas acelerando el proceso del trazado de *mapas de actividad cerebral*. La finalidad de ese diseño era la detección y medición simultánea de tres componentes ortogonales del *CM*, y de los gradientes del *CM*. Se descubrió que este tipo de gradiómetro era muy práctico para identificar zonas/puntos espaciales de los *CMs* evocados dentro del cerebro. Se empleó en investigación cerebral. Tal sistema magnetométrico tenía que operar en cámaras de aislamiento. La construcción de gradiómetros multicanales capaces de suministrar datos de un *CM* espacial proveniente de un ser vivo fue desde entonces la tendencia de desarrollo general del instrumental magnetométrico empleado en investigación biomagnética. Un gradiómetro multicanal se contempla ya hoy en día como un instrumento indispensable para la localización espacial de fuentes de *CMs* dentro del Córtex Cerebral humano y también del corazón, campos magnéticos responsables de variados procesos electromagnéticos. Claro que tal investigación encuentra algunas dificultades tales como los problemas técnicos de la eliminación del impacto intermagnético producido por la cercanía de transformadores de flujo de los mismos *SQUIDS* y también por los provenientes de sus circuitos eléctricos.

En su afán superador, la *Universidad de Helsinki*, anunció pronto que habían logrado improvisar un artefacto provisto de 24 *SQUIDS*. La finalidad, declararon, era poder establecer, en un instante y de una vez, sin tener que desplazarlo, *mapas de actividad cerebral*.

Por su parte, en esa acelerada carrera de desarrollo del *SQUID*, el Dr. Williamson y su equipo informaron, poco después de los finlandeses, que tenían diseñado un modelo de *SQUID* de 128 canales. Con él podrían detectar 1.664 cm^2 .

Con 32 puntos de detección, capacidad de muchos de los modelos aún en uso, han logrado diseñar ya *mapas de las actividades motoras*. Prevén, que con aparatos de 64 *SQUID*, estarán en disposición de empezar a analizar el fenómeno de las emociones. Y en esta línea, Edward Flynn, del *Laboratorio Nacional de Los Álamos*, declara que hoy se dedican ya a descifrar los códigos de las actividades cerebrales mecánicas. Tras las mecánicas, tendrán que captar las señales de las emociones y descifrarlas.

Esta apasionante investigación tiene sus *sombras*. Hay algo en todo esto que no nos dicen, pero que no debemos olvidar. Tras gran parte de las investigaciones civiles, costosísimas, se hallan, organismos militares o industrias de '*defensa*', o simplemente '*proyectos militares*' encubiertos.

Todo el mundo leído sabe que las *Centrales de Inteligencia* de todos los Gobiernos han prestado siempre especial atención al control de la mente humana. Su fin es poder llegar a conocer qué y cómo piensa el adversario. Saben que llegar a saber lo que pensamos la gente es algo imposible. Pero no obstante, ellos lo intentan. Y no dudan en poner al servicio de ese objetivo la tecnología más avanzada y cantidades ingentes de dinero. Desean encontrar la máquina que lea el pensamiento.

Y aunque ciertos proyectos se llevan en secreto, en democracia, siempre termina por haber confidencias. Una de estas confidencias descubre que la *U.S.NAVY*, ha puesto en marcha el proyecto '*Detección Fisiológica Remota*'. Todos sabemos *qué* es un *detector de mentiras*, *cómo* funcionan, y sus pegas... Pero está ya superado, al parecer. El desarrollo de este proyecto ha conseguido ya que los investigadores construyeran una cámara con la que esperan poder detectar, *a distancia*, sin mediar ningún electrodo que deba ser aplicado directamente al sujeto, y registrar así el *EEG*, *EKG*, *presión sanguínea*, *temperatura*, *conductibilidad de la piel*... Esta nueva cámara es capaz de registrar todas esas funciones a la vez, y sin que el sujeto se dé cuenta de ello. Eso es una forma de lectura del pensamiento ajeno.

Y esto no es una ficción. Según confidencias, algún prestigioso investigador ha sido tentado para que inicie proyectos de investigación con este nuevo artefacto.

Esperemos que la libertad individual no quede menoscabada.

2.4.7. VALIDACIÓN DE LOS SQUIDS vs. VALIDACIÓN DE LOS MEGABRAIN

Esta es una somera descripción de la instrumentación que ha empezado a descifrar lo que anuncia el título del capítulo: El *Lenguaje Electromagnético* de los seres vivos. La descripción que se buscaba en la primera parte del capítulo, ha desembocado, en su segunda parte, en una reseña de las investigaciones más significativas realizadas ya con los SQUIDS. En algún lugar se ha aludido, muy de pasada, a la neuroimagen. Y a la sombra de ambas técnicas está la informatización de los procesos y los análisis. Estas técnicas confluirán, a no tardar mucho. Tendremos así unos equipamientos, que en los próximos años, se prevé que van a ser enormemente fructíferos en el campo de las Neurociencias.

No se han citado todos los autores, pero sí los componentes de los principales grupos de investigación que actualmente están en la brecha con sus costosos equipos de SQUIDS. Las líneas principales de sus investigaciones también están enunciadas. Uno se alegra al ver cómo la tecnología de última hora nos está acercando un poco más a la comprensión de lo que somos y cómo funcionamos.

A través de las páginas precedentes se han resaltado ciertas posibles enseñanzas que pueden suscitar algunas sabrosas consideraciones. Una de esas enseñanzas es que estas tecnologías punta, son el fruto de la labor ingente de muchas personas que trabajan en equipos multidisciplinarios, tremendamente complejos y difíciles de conjuntar. Pero, una vez aunados, trabajan con tesón y constancia; hacen valer sus propuestas; saben situarse en la realidad y reconocer sus fallos, y, a pesar de las dificultades, siguen investigando y luchando por conseguir financiación para sus proyectos. Como queda dicho, algunos de esos equipos, y lo que se conoce de su funcionamiento y trabajos publicados, son modélicos, y dignos de elogio e imitación. Es una de sus enseñanzas.

Otra consideración va en la línea de pensar en lo complejo y difícil que es nuestro cerebro. Cada día asombra y sobrecoge más su funcionamiento. Es capaz, incluso, de diseñar aparatos tan complicados como los SQUIDS. Gracias a ellos podemos llegar a pensar que algún día llegaremos a detectar el flujo tan nimio, como el provocado por una sola de sus neuronas. Los más potentes SQUIDS, lo que captan es el flujo magnético de grupos de neuronas que se intuye resuenan con las de al lado.

Los datos acumulados hasta ahora con los SQUIDS, van confirmando los datos conseguidos anteriormente con técnicas EEG. Se han encontrado amplias correspondencias entre datos EEG conocidos y los datos MEG, que se están ahora conociendo. Pero hay que decir que los datos MEG, conseguidos con los SQUIDS permiten atisbar información más

precisa y exacta, y también nueva, de lo que se ha aprendido con el EEG. Esto valida los datos previos y anima a muchos investigadores a seguir estas nuevas líneas de investigación que suponen ascender varios peldaños en el desarrollo y perfección de nuevas tecnologías. Hoy los equipos que trabajan con SQUIDS son algunos más que hace tan solo 10 años. Es uno de los hitos en investigación cerebral. Con los SQUIDS se sabe hasta dónde se ha llegado y se intuye hasta dónde se va a llegar muy pronto. Los últimos diseños apuntan a SQUIDS de varios cientos de canales. Se podrá captar y registrar, a la vez y en tiempo real, el funcionamiento completo, no ya de unos cuantos centímetros cuadrados de nuestro cerebro, sino de todo el SNC completo y con técnicas de neuroimagen visualizarlo en pantalla, también en tiempo real, y en formas tridimensionales.

Todo lo visto e intuido en este capítulo es toda una lección para los diseñadores, promotores y vendedores de los *aparatos megabrain*. Para empezar, habrá que decirles que su tecnología se está quedando anclada en el pasado y un poco obsoleta. Con los SQUIDS estamos conociendo más y mejor el lenguaje electromagnético de nuestro cuerpo. La neuroimagen y la informática también están ahí. A uno se le antoja que basarse en luces y sonidos para conseguir objetivos increíbles, es muy elemental y pretencioso. Y más llegando a la conclusión de que, por detrás de dichos aparatos, no se encuentra investigación ni sería ni abundante. Es cierto que algunos diseñadores aseguran estar al tanto de lo último en investigación cerebral, y anuncian nuevos modelos y equipos, más complejos y evolucionados, que tratarán de incorporar los últimos adelantos tecnológicos. Pero en esa estamos. Vamos comprendiendo que los lenguajes de nuestro cerebro son complicados. Si queremos influir en él, tendremos que hablarle en sus propios lenguajes. Y uno se pregunta. ¿Son las luces, esas luces y esos sonidos, así secuenciados, los más cercanos a alguno de los lenguajes propios de nuestro cerebro? La respuesta hay que buscarla en la investigación. Y hablando de los *aparatos megabrain*, hoy por hoy, esa investigación no existe como tal. Tampoco existe una información exacta y fiable sobre ellos y su funcionamiento y efectos. La poca información existente hay que buscarla en la literatura, que podemos calificar de heterodoxa, marginal, parapsicológica. Y así es muy difícil llegar a discriminar qué hay de real, y qué es lo que roza lo fantástico, si no lo puramente comercial y engañoso.

2.5. LA AUTORREGULACIÓN CEREBRAL

LA BIORRETROALIMENTACIÓN

2.5.1. INTRODUCCIÓN: Convergencia de hechos y situaciones

El fenómeno de la bioinformación, su descubrimiento y su desarrollo, no ha surgido, porque sí, sin más, de forma fortuita e instantánea, por los años 60.

Ocurre que una serie de *hechos* y *situaciones* sucesivas protagonizadas por distintos *autores*, cuyos trabajos pioneros en diversos campos afines, directa o indirectamente, relacionados con el fenómeno, *convergen* por estos años

Todo ello sienta las bases de lo que poco a poco va tomando cuerpo y acaba por afirmar y precisar, tanto la naturaleza como la importancia del *Biofeedback*.

2.5.2. CONTEXTO CULTURAL

2.5.2.1. DICOTOMÍA MENTE-CUERPO

El descubrimiento del fenómeno de la bioinformación, llama más la atención por aparecer en un *contexto cultural*, que en ciertos aspectos le era contrario. Así tenemos, como realidad negativa, la existencia, sólidamente asentada, estructurada y defendida, de la creencia filosófica, puede decirse que ancestral, al menos en Occidente, de la *dicotomía mente-cuerpo*, también conocida popularmente como dualismo cartesiano. Esta creencia es asumida como dogma incontestable, por disciplinas como la *biología*, la *medicina*, la *psicología*.

Una consecuencia de esta creencia la tenemos en Medicina y que se concreta en la distinción entre Sistema Nervioso Cerebroespinal y Sistema Nervioso Autónomo o Neurovegetativo. Esta dualidad arrastra diversidad de funciones y, además, la suposición, claramente percibida, de que el Sistema Neurovegetativo es un sistema inferior.

Esta aceptación de la inferioridad del Sistema Autónomo arranca de lejos:

- Platón, ya planteó, que la razón y las emociones, forman una dicotomía, radicalmente distinguible, ya que:
 - el alma superior tenía su sede en la cabeza; y
 - las almas inferiores, ocupaban el resto del cuerpo
- Los Modernos, que conciben, independientemente, con Bichat, desde 1800:
 - a la *razón*, asociada con el Sistema Nervioso Cerebro Espinal y las respuestas esqueléticas, que éste controla;
 - a las *emociones*, en cambio, las contemplan en relación con las respuestas glandulares y viscerales, supuestamente involuntarias, que dependen del Sistema Nervioso Vegetativo o Autónomo.

Defendía Bichat la autonomía, en cuanto a funcionamiento independiente, del Sistema Vegetativo, respecto del sistema cerebroespinal.

2.5.2.2. 'SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO' Y 'SISTEMA NERVIOSO CENTRAL'

La categorización de esta distinción del neuroanatomista francés Bichat se acepta sin mayor oposición. En 1932, Cannon, en su divulgadísima obra '*The Wisdom of the Body*', asume esta categorización y llega, respecto al Sistema Nervioso Autónomo, tras sus estudios sobre la parte simpática, a la *conclusión* de que:

- los diferentes nervios del *Sistema Nervioso Autónomo* funcionan independientemente;
- los nervios del *Sistema Nervioso cerebroespinal*, en cambio, son capaces de las respuestas individuales, finamente diferenciadas.

Esta doctrina de Cannon, se encuentra aún hoy día en los *Manuales de Fisiología* de uso más corriente en estudios Universitarios.

Esta distinción, tan estructurada y tan clara, se proyecta en *Psiquiatría*, en otra distinción, que también ha tenido su éxito. En esta disciplina, sigue hablándose de:

- *Síntomas Históricos*, mediados éstos por el Sistema Nervioso cerebroespinal, y sometidos a un control superior o simbólico; y de
- *Síntomas Psicósomáticos*, mediados éstos por el Sistema Nervioso Autónomo. Estos síntomas son consecuencia fisiológica directa del tipo y la intensidad de las emociones del paciente.

2.5.2.3. CONDICIONAMIENTO Y APRENDIZAJE

La *Psicología*, ciencia joven, también es tributaria del *dualismo mente-cuerpo*. Esta creencia ha sido mantenida casi universalmente, y por autores de gran solvencia como Kimble (1961) y Marx (1969). Se ve reflejada en la teoría del aprendizaje, que se ha desglosado en dos tipos diferentes de condicionamiento. Así, todos hemos manejado la distinción entre:

- *Condicionamiento Clásico*, considerado como inferior, involuntario, respondiente le llama Skinner. Es el único procedimiento para las respuestas viscerales y emocionales, inferiores, supuestamente involuntarias y mediadas por Sistema Nervioso Autónomo, y
- *Condicionamiento Instrumental*, apoyando el *aprendizaje* por *ensayo y error*, llamado también *Condicionamiento Operante*. Es el responsable de la conducta voluntaria (*Operante* según Skinner). Es aplicable sólo a las respuestas esqueléticas, mediadas por el Sistema Nervioso Central.

Hoy en día, defender que ambos condicionamientos no son sino manifestaciones diferentes del mismo fenómeno bajo condiciones distintas, no llama mucho la atención. Más bien se acepta de buena gana. Pero en años anteriores al 60, no defender esa clara distinción, con sus consecuencias, no era fácil, ni cómodo.

Un caso de enfrentamiento temprano a este prejuicio lo representa Neal E. Miller (Miller y Dollard, 1941; Dollard y Miller, 1950; Miller, 1961b). Teórico e investigador del Aprendizaje, se opuso al prejuicio y sostuvo, tras muchas experimentaciones con animales, que existía un tipo de aprendizaje único. Las dos formas mantenidas clásicamente, no eran sino manifestaciones bajo condiciones específicas.

El *Biofeedback*, años más tarde, reconoció en él, y en su *razonamiento*, uno de los bastiones formales de la nueva disciplina. En sus numerosos experimentos trató de *probar* que el

Condicionamiento Instrumental podía producir el aprendizaje de cualquiera de las respuestas viscerales que hasta entonces se defendió que solamente podían ser adquiridas a través del *Condicionamiento Clásico*.

2.5.3. ANTECEDENTES: TRABAJOS PIONEROS EN CAMPOS AFINES

2.5.3.1. REMOTOS

Hemos hablado del *Contexto Cultural*, en el cual se va configurando lo que luego será la disciplina del *Biofeedback*. Vamos ahora a sondear en la historia más cercana y resaltar los trabajos, éstos de signo positivo, de algunos autores, que por su temática y su metodología, sirven para configurar las bases culturales que facilitarán en un momento determinado, la estructuración formal de la nueva disciplina.

2.5.3.2. FINALES DEL SIGLO XIX

A finales del *siglo XIX*, Tarchanoff, afronta, en una serie de trabajos, el *Control Voluntario del latido cardíaco*. Esto supone ir contra las creencias, universalmente aceptadas. Estos intentos, se ven continuados posteriormente, aunque de forma esporádica. Hay autores que tratan de demostrar la *posibilidad* de la aceleración y/o enlentecimiento cardíaco (West, and Savage, 1918, King, 1920; Ogden, and Shock, 1939; Mac Clure, 1959).

2.5.3.3. PRIMEROS INGENIOS DE FEEDBACK (1901)

Con el *siglo*, J. B. Bair (1901), representa algo nuevo, que luego se verá, es de máxima importancia. Estudia la posibilidad de aprendizaje del control voluntario neuromuscular, facilitando al sujeto información de su actuación (*Feedback Mecánico*) sobre la misma. Curioso el ingenio mecánico de *feedback* con poleas: Enseñó a los sujetos a activar el músculo auricular posterior. Parece que, con su procedimiento, logró ciertos movimientos de la oreja. También este intento iba contra la creencia: Ese músculo, en la inmensa mayoría, está fuera del control voluntario.

Bair anticipa, en sus informes, muchas de las cuestiones y problemas metodológicos que afectarán al *Biofeedback* actualmente.

2.5.3.4. PROCEDIMIENTOS DE RELAJACIÓN: Jacobson y Schultz

Otro elemento fundamental en el desarrollo de la bioinformación, son los extensos y pormenorizados estudios sobre la *relajación* (Jacobson, 1925, 1938, 1939; Schultz, 1932). Jacobson y Schultz, llevan a cabo Investigaciones, independientemente uno de otro, sobre la relajación y su desarrollo consecuente. Estos investigadores establecen unos *procedimientos* básicos de relajación que perduran hasta nuestros días, como son el *entrenamiento autógeno* y la *relajación progresiva*. Especialmente, este último procedimiento fue usado por Jacobson y seguidores, y muchos otros después, en dos vertientes:

- *método independiente*, para alcanzar/conseguir, sin más, la relajación; y como

- *recurso terapéutico*, previo para la aplicación de tratamientos, en gran número de problemas y trastornos psicosomáticos (Jacobson, 1955; 1970; Schultz, and Luthe, 1959).

Estos procedimientos, solos, en parte, o en combinación, son utilizados hoy en día, con una elevada frecuencia, en combinación con el *Biofeedback*, en multitud de estos problemas psicosomáticos.

2.5.3.5. FISIÓLOGOS Y PSICÓLOGOS RUSOS

Muchos profesionales y practicantes del Biofeedback, ven en los trabajos de los *Fisiólogos y Psicólogos Rusos*, aportaciones valiosas. Se desarrollan estos trabajos en la primera mitad del siglo XX. Sus investigaciones más significativas tienen como objetivo el *condicionamiento interoceptivo*. Como es normal, estos trabajos y autores son tributarios de los trabajos de Paulov (1849-1936), sobre *condicionamiento clásico*.

Todos estos trabajos son conocidos en Occidente a través de *revisiones* (Razran, 1961, 1969, 1971).

Entre estos autores rusos, destacan los trabajos experimentales de la psicóloga Lisina (1965). Estudia la forma de control de la dilatación de los vasos sanguíneos del brazo, y trata de conseguir su objetivo, suministrando a los sujetos, un tipo de información (*feedback*), por medio de un aparato de medida de los cambios vasculares producidos en los mismos.

2.5.3.6. OCCIDENTE Y LOS MEDITADORES ORIENTALES

A mediados de siglo, irrumpen en Occidente las doctrinas y prácticas orientales de la *Meditación Transcendental* (MT), el *Entrenamiento Yogui*, y la *Meditación Zen* (Zazen).

Estas prácticas ponen en cuestión toda la creencia, universalmente aceptada, de la división entre sistemas voluntarios e involuntarios. Estos meditadores parecen romper todos los esquemas. Por eso y otras causas, el tema termina por llegar al laboratorio. Hay meditadores ansiosamente solicitados por muchos laboratorios. Y lo que es más chocante: Estos meditadores colaboran en el estudio del fenómeno MT. Estos estudios, y sobre todo sus resultados, ejercen una influencia notable en el *Biofeedback* posterior.

Comprobaron la posibilidad del *control voluntario* que los asiduos de prácticas *yoga* podían llegar a lograr sobre distintas funciones autónomas (Wenger, and Bagchi, 1961), incluido el corazón (Wenger, Bagchi, and Anand, 1961).

Asimismo estudian, en estos meditadores, los *Ritmos EEGs*, asociados a diferentes estados de *Meditación ZEN* (Kasamatsu, et al., 1957; Kasamatsu, and Hirai, 1966), la práctica del *yoga* (Anand, Chhina, and Singh, 1961), o la MT (Wallace, 1970; Kamiya, 1962).

2.5.3.7. CIBERNÉTICA E INGENIERÍA ELECTRÓNICA

La segunda *Guerra Mundial*, en su preparación, desarrollo, y arreglo de sus secuelas, revoluciona muchos campos de la Ciencia y la Técnica. En torno a esta guerra, antes, durante y después, existía un clima cultural favorable a la sistematización del *Biofeedback*. Durante estos años se dan a conocer muchos *Informes*. Los datos confluyen y los autores afines se van juntando en *Congresos*. Esto favorece el hecho del descubrimiento del fenómeno del *Biofeedback* prácticamente

de forma simultánea en diversos laboratorios y por diversos equipos de investigadores (Gaarder y Montgomery, 1977). Esta simultaneidad acelera la propagación y aceptación del *Biofeedback* dentro de la comunidad científica. Además, contribuyen, a su divulgación y prestigio, las numerosas aplicaciones clínicas que se ven mediadas por el *Biofeedback*.

2.5.4. AÑOS 60: LOS INICIOS DEL 'BIO-FEEDBACK'

Como continuación y consecuencia de este contexto cultural favorable y de los antecedentes que acabamos de comentar, en la década de los 60, varios equipos, y de forma prácticamente simultánea, comenzaron a afianzar, cada uno en sus respectivos campos, la existencia de lo que llegará a ser el nuevo principio del *Biofeedback*.

Se inician muchas investigaciones sin que existan aún definiciones claras y aceptadas de lo que se perfila como una nueva disciplina. Ésta se va perfilando, poco a poco, en sus principios, en sus definiciones y en su metodología, gracias al uso masivo y sistematizado de unos ciertos principios de *Biofeedback*. A través de una investigación sistemática y sumamente ingeniosa, empleando como *sujetos*, unos equipos, *animales*, y otros, *humanos*, van *demostrando*, con increíble tenacidad y una preparación técnica fuera de lo normal, la *posibilidad* de *condicionamiento operante* o de *control voluntario* de diferentes respuestas autonómicas, incluso de las que se consideraban las más asequibles de condicionar.

2.5.4.1. INVESTIGACIONES BÁSICAS CON ANIMALES

2.5.4.1.1. Trabajos Previos

Son investigaciones llevadas a cabo por Neal E. Miller y su equipo, en la *Universidad de Yale*. Cuando en esta década pone en marcha esta serie de Investigaciones Sistemáticas, es un experimentador muy preparado técnicamente. Miller era conocido. Llevaba afirmando, durante años, que las funciones internas del cuerpo se podían someter a control voluntario, aún cuando los libros de texto al uso dijeran que era imposible (Miller, and Dollard, 1941).

Previos a los experimentos, son destacables, como hechos básicos en el nacimiento del *Biofeedback*, los:

- *supuestos y comentarios* publicados tempranamente por Miller (1961b; 1963), sobre:
 - Posibilidad de Aprendizaje Instrumental de respuestas mediadas autonómicamente.
 - Implicaciones neurofisiológicas.
 - Efectos sobre las teorías del aprendizaje.
 - Implicaciones prácticas en caso de trastornos.
- *los trabajos sobre posibilidad* de discriminación de procesos internos, en animales. En gran parte, fueron replicación, de los experimentos rusos sobre condicionamiento interoceptivo. Fue éste un *paso previo indispensable* para aprender a controlar respuestas autonómicas.

Miller y Carmona demostraron la posibilidad de condicionamiento operante de la respuesta de salivación en perros, casi el mismo experimento de Pavlov con condicionamiento clásico. Para calmar la sed emplearon agua como refuerzo (Miller, and Carmona, 1967).

Otro equipo logró entrenar igualmente a *macacos rhesus* a discriminar, presionando o no una palanca, cuando se les inflaba o desinflaba una especie de balón o globo implantado quirúrgicamente en el intestino (Slucki, Adams, and Porter, 1965).

Con estos supuestos y seguridades, ya se poseían unas bases elementales y necesarias para emprender investigaciones más sistemáticas. Subsistían aún, cantidad de dificultades, sobre todo metodológicas, para iniciar los experimentos tendientes a demostrar la posibilidad del aprendizaje instrumental con respuestas autonómicas en animales. Con humanos vendrían a continuación.

Pero aparte de estas dificultades metodológicas, Miller se encontró con otra, muy humana: Ni siquiera sus ayudantes querían embarcarse en el tema, y a quienes mandaba, lo hacían faltos de convencimiento.

Creía Miller, y así venía defendiéndolo hacia tiempo, que, *basado en la práctica*, se podía aprender a controlar los órganos internos y las glándulas. Se sabía ya que esas glándulas están reguladas por áreas emocionales del cerebro como son el Sistema Límbico, y sobre todo, el Hipotálamo.

Estas creencias de Miller iban más allá de Pavlov. La mayoría de los psicólogos creían y pensaban, con Pavlov, que se podían condicionar las funciones del Sistema Autónomo, pero sólo mediante el Condicionamiento Clásico. Ese condicionamiento, creía la práctica totalidad de los investigadores, no se podía conseguir a partir de ensayo y error. Los defensores del *Condicionamiento Operante*, con Skinner, lo creían así, ya que para ellos, el Sistema Autónomo, según el punto de vista más tradicional, era demasiado '*estúpido*' para ser capaz de aprender por *Condicionamiento Operante*.

Cuenta Miller, que no encontraba, no ya ayudantes, sino ni siquiera alumnos que quisieran estudiar el tema del *Biofeedback*. Todos lo consideraban, así lo decían los textos, una pérdida de tiempo. Los miembros de su equipo temían perder su status de investigador. Pero en 1963 se le presentó un alumno, Jay Trowill, que se ofreció a Miller para hacer experimentos. Da así comienzo a unos proyectos, cuyos resultados iniciales dan paso a una Investigación Sistemática, para empezar, con ratas.

2.5.4.1.2. Experimento Inicial: Jay Trowill.

Miller se lo encarga a Jay Trowill. Los problemas con los que se enfrentan y tienen que solucionar son enormes. No es el menor el *técnico*: Quieren demostrar que el cambio en el ritmo cardíaco se debía exclusivamente al entrenamiento, y no a otra variable como podría ser el esfuerzo muscular, para acelerarlo o la relajación para desacelerarlo.

La *solución* a este problema lo consiguen paralizando las ratas con *curare* y con un *derivado* del *curare*: La *d-Tubocurarina*. Con esta droga se paraliza el Sistema Esquelético, pero no afecta a los órganos internos. Las ratas podían seguir usando sus músculos cardíacos gracias a que mantenían el sistema respiratorio de las ratas, adaptando ingeniosas mascarillas, en realidad unos sencillos globos de niños, a los animales.

Implantarón, además, en el cerebro de las ratas, electrodos situados en *los Centros del Placer*. Cada vez que los ritmos variaban en el sentido deseado, recibían una leve estimulación. Un grupo de ratas recibía estimulación por acelerar los ritmos cardíacos y el otro grupo por enlentecerlo.

Resultados: Tras tres años de laboriosos trabajos, Trowill dispuso, por fin, de pruebas inequívocas de que las ratas podían lograr '*un control directo*' sobre su ritmo cardíaco, sin ayuda de los músculos esqueléticos (Trowill, 1967).

2.5.4.1.3. Investigaciones Sistemáticas: Series Experimentales

2.5.4.1.3.1. Series con Ratas Curarizadas

Tras esos primeros resultados Miller, y su colaborador más allegado, Leo V. DiCara, retoman el mismo experimento de Trowill, convencidos de la independencia del Condicionamiento de estas respuestas respecto de las respuestas músculoesqueléticas. Ahora, administraban las recompensas por cambios cada vez mayores. Demuestran así el '*moldeamiento*' (*Shaping*) de los ritmos cardíacos de las ratas y lo conseguían con rapidez increíble. En noventa minutos de entrenamiento, conseguían cambios en cualquier dirección de hasta un 20% (Miller, and DiCara, 1967). Se dan cuenta así de que han dado con el mecanismo de autocontrol de los órganos internos. Y además era sorprendentemente preciso. Esto les confirmaba que podían someter todas las funciones del Sistema Nervioso, los Órganos Internos y las Glándulas, a formas extremadamente específicas de entrenamiento, mediante el Condicionamiento Instrumental. Ninguno caía más allá del control voluntario: *Solamente hay un tipo de aprendizaje.*

Estos experimentos los vuelven a replicar y contrarreplicar una y otra vez (DiCara, and Miller, 1968a; Miller, and Banuazizi, 1968). Unas veces, emplean ratas curarizadas; otras veces gatos, perros o monos sin curarizar y sueltos, pero con cables conectados a la cabeza.

Otra serie de experimentos fue encaminada a demostrar la *especificidad o independencia* del aprendizaje del control de una respuesta autónoma respecto a otra (Miller, and DiCara, 1968; DiCara, and Miller, 1968b).

Con una nueva serie se demostró la *transferencia o generalización* del Condicionamiento (DiCara, and Miller, 1969a; 1969b).

Otro grupo intenta demostrar la *extinción* de las respuestas autónomas condicionadas de este modo (Nothersall, y Brenner, 1969).

2.5.4.1.3.2. Tipos de Refuerzos

El condicionamiento de las respuestas autónomas citadas se logró utilizando diferentes tipos de refuerzos:

- *agua.*
- *comida.*
- *estimulación eléctrica cerebral, en Centros del Placer.*
- *estimulación aversiva.*
- *reforzadores secundarios.*

2.5.4.1.3.3. Procesos o Respuestas Autónomas Experimentadas

Se demuestra la posibilidad de *modificación operante* en gran variedad de procesos o respuestas autónomas, con diferentes especies animales, como la *salvación* en *perros* (Miller, and Carmona, 1967), la *tasa cardíaca* en ratas (Trowill, 1967; Miller, and Carmona, 1967; DiCara, and Miller, 1968a), la *tasa cardíaca* en monos (Engel, and Gottlieb, 1970), la *formación de orina* en

ratas (DiCara, and Miller, 1968), la *vasodilatación periférica* en ratas (DiCara, and Miller, 1968b), las *contracciones intestinales* en ratas (Miller, and Banuazizi, 1968), la *presión sanguínea* en monos (Plumlee, 1969; Benson, Herd, Morse, and Kelleher, 1969), y la *actividad eléctrica de la corteza cerebral* (Wyrwicka, and Sterman, 1968).

Muchos de estos resultados intentaron replicarse y verificarse por otros autores. Algunos de esos resultados, que se consiguen entre 1967-1970, no han podido replicarse, incluso ni siquiera por Miller. Este atribuyó esa imposibilidad a la posible alteración comercial o industrial de la *d-Tubocurarina*, utilizada como fármaco para curarizar a los animales desde 1869.

Pero esto no invalida la fiabilidad global de los resultados ni niega la posibilidad de modificación de prácticamente todo tipo de funciones consideradas involuntarias. Esto genera una abundante evidencia convincente y derivada de los numerosos estudios de animales condicionados sin la aplicación del curare.

De las evidencias presentadas por el grupo de Miller y cols., y basadas en esos y en otros numerosos estudios de réplica y contraréplica, presentados por el mismo grupo de Miller, y de otros investigadores, que trabajaron con animales, se pueden extraer, ciertas conclusiones.

2.5.4.1.3.4. *Primeras Conclusiones.*

- Un organismo, con entrenamiento apropiado, puede aprender a controlar, *instrumentalmente*, una gran variedad de funciones corporales siempre que esa función se pueda registrar y dar a conocer al sujeto su estado y su evolución.
- El grado de especificidad de las respuestas controladas es enorme: Se han podido *demostrar* con ellas todos los procesos del aprendizaje, como adquisición, generalización, transferencia, discriminación, extinción.
- El Sistema Neurovegetativo puede ser tan flexible como el Sistema Nervioso Central, en cuanto a aprendizaje se refiere.
- La teoría sobre el origen de los trastornos psicósomáticos necesita una nueva reformulación (Carrobbles y Godoy, 1987).
- Aplicaciones inmediatas con humanos:
 - *Arritmias*: A pacientes, cuyos corazones sufrían de arritmias, se les entrena en los laboratorios, a través de mecanismos de Biofeedback, para aprender a controlar sus ritmos cardíacos y así conseguir que estos latan de forma normal.
 - *Hipertensión*: Estos pacientes aprendieron a disminuir, a voluntad, su presión sanguínea.
 - *Migrañas*: Los pacientes con este trastorno aprendían a descargar la cabeza y enviar más flujo a sus manos, pies...

Observaron que los efectos de su entrenamiento en sujetos humanos, no eran tan espectaculares como en las ratas, especialmente en aquellas curarizadas. Reconocen que es el inicio de una nueva terapia y les queda mucho por hacer. Pero se saben en un buen camino.

- El *Biofeedback* cada vez goza de más evidencias de éxito.

2.5.4.2. INVESTIGACIONES BÁSICAS CON HUMANOS

El objetivo final de las investigaciones, que de forma sistemática se habían llevado a cabo en esta década con animales, era el verificar la misma posibilidad de aplicación del Biofeedback en el control de las diferentes funciones fisiológicas, pero con sujetos humanos. También querían llegar a demostrar la utilidad práctica de estas nuevas técnicas, en numerosas aplicaciones terapéuticas. Estas aplicaciones con humanos se llevan a cabo de forma paralela, pero un poco como consecuencia de las investigaciones sistemáticas con animales.

Si tratamos de organizar, tanto autores como temas nos encontramos que en esta década las investigaciones con humanos giran en torno a tres *núcleos*:

- *la Actividad Encefalográfica;*
- *la Actividad Eléctrica de la Piel, y*
- *el Potencial o Actividad Neuromuscular.*

2.5.4.2.1. La Actividad Encefalográfica: Joseph Kamiya.

A Joseph Kamiya se le describe como un apacible psicólogo estadounidense, de ascendencia japonesa. Este detalle sobre su ascendencia tiene, en este breve apunte sobre cómo se han desarrollado las investigaciones sobre el *Control Instrumental de la Actividad EEG del Cerebro*, una importancia especial. En un momento determinado de las investigaciones aparecen los *Meditadores ZEN*, elemento religioso-cultural de Oriente. Y una vez más, se llega a la confluencia de ideas, investigaciones, teorías, creencias ..

2.5.4.2.1.1. Discriminación

En 1958, Kamiya está en Chicago, realizando Estudios sobre los *estados de conciencia*. Le habían encargado que estudiara los estados internos que cambian de forma tan radical durante los sueños bajo los efectos de drogas, y otras circunstancias. Y más en concreto, estudió los cambios en el EEG durante el sueño y las ensoñaciones.

Tenia formación estrictamente conductista. Esta doctrina veía muy despectivamente el tema de la mente o conciencia como materia de investigación. Los conductistas sólo debían estudiar aquello que tuviera tangibilidad y pudiera medirse, al nivel de estímulos y respuestas.

En estas circunstancias, y en ese ambiente experimental, plantear una investigación oficial sobre el *control instrumental del EEG* suponía ser excluido del equipo de investigación y perder el status de investigador.

Por eso, hizo, *de tapadillo*, y contando con el silencio de unos cuantos voluntarios, algunos trabajos sobre el EEG de personas bien despiertas. Le intrigaba el *ritmo Alfa*, descubierto por Berger en 1924. Quería saber si los sujetos eran capaces de *discriminar* ese ir y venir y cambiar de los distintos ritmos cerebrales.

Les colocó electrodos en el cuero cabelludo, e iba observando sus ondas cerebrales. De vez en cuando sonaba un timbre y los sujetos tenían que decir en qué estado mental creían encontrarse en ese preciso momento. Su tarea consistía en tocar una A, si creían estar en el momento ALFA; o si no creían estarlo, tocaban una B.

Kamiya les decía inmediatamente si habían acertado, o no, en su diagnóstico, a la vista del EEG (*feedback*).

Resultados: Los primeros intentos le resultaron un pequeño fracaso. Tras la primera media hora de entrenamiento, los sujetos acertaban totalmente por azar el 50% de las veces. Pero la sorpresa le vino cuando prolongó el entrenamiento. Tras una hora de entrenamiento, el porcentaje de aciertos subió a un 60%. Y tras la tercera hora, el porcentaje se disparaba hasta un 75% y aún más. Después de un rato más, el nivel de aciertos era, en algunos sujetos, del 100%. Alguno llegó a acertar cuatrocientas veces seguidas. Pero nadie sabía explicar aún cómo conseguían saber si estaban en un estado u otro.

2.5.4.2.1.2. Entrenamiento y Control de Ondas Cerebrales

Y otro resultado sorprendente: Uno de los sujetos le explicó que tras el proceso de discriminación, era capaz de producir las *ondas Alfa* a voluntad.

Y este fue el tema de su segunda comprobación: Todos, unos mejor que otros, eran capaces de producir, a voluntad, el estado llamado A. La tarea propuesta ahora a los sujetos en este nuevo experimento consistía: Si una campana sonaba dos veces, tenían que producir el estado A, si sonaba una vez, el estado B.

Con el entrenamiento anterior habían aprendido a ponerse a sí mismos en cualquier nivel, lo cual resultaba sorprendente, a la luz de las teorías del aprendizaje.

Casi sin proponérselo, había demostrado la posibilidad de discriminación entre diferentes estados subjetivos de conciencia y las correspondientes ondas cerebrales inmediatamente de su acierto o error. Y además también demostró la posibilidad de control voluntario de la actividad cerebral, al menos de la de *tipo Alfa* (8-12 Hz).

Tardó cierto tiempo en comunicar estos hallazgos. Y lo hizo, al fin, de una manera más bien informal, sin más pretensiones. Pero su Informe consigue en poco tiempo una publicidad desmedida. Se lee, se relee, y se pasa de mano en mano (Kamiya, 1962).

Kamiya se traslada, en estos años 60, a California, y se contrata con el *Instituto Neuropsiquiátrico Langley Porter*, de San Francisco.

Con otro status de investigador, Kamiya se dedicó a comprobar si era posible entrenar a las personas para que controlaran sus ondas cerebrales sin pasar primero por la fase de discriminación, con la cual ya había comprobado que era posible.

En esta nueva experiencia, encerraba a sus sujetos, diez voluntarios sin experiencia previa en meditación, en una sala insonorizada y oscura, con electrodos conectados al cuero cabelludo. La tarea consistía en mantener un sonido. Este sonaba mientras producían cierto tipo de ondas. La tarea siguiente consistía en mantener desconectado dicho sonido durante todo el tiempo que les fuera posible.

Resultados: Tras 40 veces de alternar ambas órdenes, ocho de los diez sujetos podían controlar el sonido. Cuando se les pedía que conectaran el sonido, presentaban *ondas Alfa* el 55% del tiempo. La orden de desconectar hacía descender la producción de *ondas Alfa* hasta un 11%. Pero no eran aún capaces de explicar cómo lo conseguían. Sólo manifestaban encontrarse serenos, tranquilos, muy alerta, cuando conectaban el *estado Alfa*. Esto le recordó a Kamiya el estado de '*Meditación Zen*', que conocía por cultura oriental.

Conclusiones: Concluido este segundo experimento, empieza a ir intuyendo lo que luego se entendería como el *estado alfa*. Descubre que no se podía forzar. Cuanto más se intentaba conseguir, trabajando con cálculo aritmético, con pensamientos eróticos, escuchando la propia respiración, concentrándose en la nuca,... menos se producía.

Además, va perfilándose la importancia del entrenamiento: Se necesitaban 4-5 sesiones hasta alcanzar el control real.

Finalmente comprueba que alcanzada la habilidad, ésta se conserva con cierta facilidad.

2.5.4.2.1.3. 'EEG' y 'Meditación Zen': Tercer Experimento

El segundo experimento sugiere a Kamiya el estudio de los estados de '*Meditación Zen*'. Su intención era, simplemente, estudiar el Condicionamiento Instrumental del *ritmo Alfa*. Pero la tentación de estudiar a algunos expertos en '*Meditación Zen*' era tan fuerte, que terminó por someter a unos meditadores a su sistema de retroalimentación a partir del *EEG*. Se propuso solamente comprobar qué era lo que pasaba en el *EEG* de estos sujetos cuando meditaban.

Enseguida comprobó que aprendían a controlar sus *ondas Alfa* mucho más rápidamente que sus voluntarios. Intuyó con ello que había dado con el sistema de control del Cerebro.

Los resultados se difunden rápidamente, y de una forma especial en ambientes universitarios de Estados Unidos, donde más estaban calando, por esos años, las prácticas orientales de meditación (Kamiya, 1967; 1968; 1969).

La principal dificultad con que se encuentra en esta nueva línea de investigación es la del *vocabulario*. Los orientales, al menos en sánscrito, poseen más de treinta términos que sirven para identificar otros tantos estados de ánimo o de conciencia.

A partir de estos resultados, son cientos los laboratorios que proyectan investigaciones en esta línea. Incluso Kamiya las continúa, sólo o con colaboradores (Nowlis, and Kamiya, 1970; Kamiya, 1974).

2.5.4.2.1.4. El 'Ritmo Alfa' o 'Estado Alfa': Primera Aproximación.

Para Kamiya empezó por ser un '*estado de conciencia*' que no se podía forzar. Se necesitaban 4, 5 ó 6 sesiones de entrenamiento como mínimo, para alcanzar el control real. Los sujetos de Kamiya lo describían como un estado en el cual el sujeto se siente "tranquilo, alerta, relajado, abierto a experiencias de todas las clases, agradable en el sentido en que es agradable estar sereno en oposición al trajín de la vida americana. Es algo semejante a la agradable sensación de relax, de reajuste. Se trata de un estado mental receptivo y no adquisitivo ni forzado. Hay que dejar que se produzca espontáneamente, y después disfrutar de él" (Pines, 1973).

Probablemente el *estado alfa* no sea en sí creativo. Es un estado de atención dirigido a dejar que las cosas ocurran. Es como un desplazamiento del centro de atención. Uno no puede permitirse el quedarse adormilado, porque se saldría de alfa. Permanecerá alerta, expandido el foco de atención en todas direcciones.

Las ondas cerebrales del tipo alfa, van de 7 a 12 c/s. Se dice que representa el modo que tiene el cerebro ocioso entre estados de elevada actividad mental y el sueño. El producirlas en cantidad apreciable exige entrenamiento apropiado. Unos las producen más que otros. Al parecer los de tipo introspectivo e intuitivo, suelen producir grandes cantidades de alfa.

Esto era un poco reinventar el '*Estado Zen*', mezclarse en los asuntos de meditación, tan populares en los ambientes universitarios de los *EE.UU.* Y recuérdese que estos meditadores consiguen esos estados después de toda una vida de dedicación al trabajo y a la meditación. Kamiya se dio cuenta que lo que había encontrado era la forma de entrar en los arcanos del Oriente por la puerta trasera.

2.5.4.2.1.5. Otros Ritmos Cerebrales

De forma paralela a la labor investigativa de Kamiya en *California*, otros equipos también desarrollan programas de investigación tratando de dilucidar la relación entre el *control de ondas cerebrales y estados de conciencia*. Los voluntarios se agolpan y se pelean por colaborar. Destacan

en esta labor la investigadora Bárbara B. Brown, en el *Veteran's Administration Hospital*, de *Sepulveda, California* (Brown 1970; 1971; 1977), y Lester Fehmi, *Universidad Estatal de New York*, en *Stony Brooks* (Fehmi, 1970; 1972; 1978).

También, de forma paralela surgen los '*charlatanes*', que apoyándose en los supuestos beneficios del estado alfa, se lanzan a prometer lo que Mulholland tuvo que desdecir. Con los datos que ellos tenían hasta entonces, no había prueba alguna de que producir grandes cantidades de ritmos alfa, estuviera asociado a ningún poder mental especial. Tampoco había pruebas para suponer que aliviaba por sí mismo enfermedades físicas ni mentales. En 1971, Mulholland, Presidente de la *Sociedad de Investigación en Biofeedback*, declaraba "El estado alfa es el fenómeno más común del EEG. Basta con cerrar los ojos para producir un estallido de ondas alfa. La mayoría de las personas entra y sale del ritmo alfa varias veces por minuto" (Mulholland, 1967).

Requiere entrenamiento, realizado en situación de quietud. Tal vez sea ese estado de quietud el causante de los supuestos beneficios. Relajarse exige tomarse un tiempo. Y en ese tiempo, una hora, el sujeto permanece despierto. Es cuando descubre que tiene pensamientos. Esa simple experiencia, dice Mulholland, es para algunos un gran hallazgo. Pero atribuir al estado Alfa el contenido y calidad de los pensamientos es demasiado. Depende, más bien, de las expectativas o temores de cada persona.

Hechos dignos de destacar eran que

- Algunas personas pueden aprender a controlar sus propias ondas cerebrales por medio del *Biofeedback*, al menos en cierta medida.
- hay muchos más ritmos cerebrales que el alfa, e incluso, éste consta de varios ritmos ligeramente diferentes, como queda apuntado en el tema de la Neurometría.

2.5.4.2.1.5.1. *Bárbara Brown*

Uno de los pioneros que han estudiado los ritmos cerebrales es Barbara B. Brown, en su laboratorio de California. Dedicó mucho tiempo al estado Alfa. En su primer proyecto consiguió que sujetos medios consiguieran doblar la cantidad de Alfa en su EEG, tras la primera sesión de ejercicios. Lo triplicaban tras la tercera sesión. Tenía una peculiaridad. El entrenamiento se hacía con los ojos abiertos, situación más difícil. La señal de feedback era una luz encendida, en vez de un sonido. Había conseguido que los sujetos, con los ojos abiertos, ocuparan con Alfa hasta un 60% de la actividad electroencefalográfica. Eso lo consigue la persona media cuando está profundamente relajada con los ojos cerrados. Este nuevo resultado era un poco más fino, e importante. E importante también que los sujetos lograron tal control que al final del programa eran capaces de hacerlo sin Biofeedback. Simplemente entraban y salían en el ritmo Alfa, a voluntad (Brown, 1970).

Aún planificó un segundo programa experimental dedicado a las ondas cerebrales. Empleó tres tipos de luces de colores. Cada uno de los colores representaba un ritmo distinto: Alfa, Beta o Zeta. Los otros ritmos distintos del Alfa apenas se conocían. La Dra. Brown se limitó a averiguar qué clase de sentimientos y/o estados de ánimo guardan relación con cada uno de ellos. Y algo encontró. Las ondas Beta (14-30 Hz) son más rápidas y pequeñas que las Alfa (8-13 Hz). Las ondas Zeta (4-7 Hz) son más lentas y de mayor tamaño que las Alfas. No entraban en el proyecto, las más lentas, las Delta, que van de 0.5 a 3.5 Hz. Este último ritmo predomina durante el sueño, durante la infancia y en las enfermedades cerebrales. La muestra empleada se componía de 26 sujetos. Su tarea, tras el entrenamiento, consistía en escribir lo que habían sentido durante cada color.

El estado Alfa fue descrito como agradable y tranquilo. Durante el estado Beta, catorce personas dijeron sentirse preocupadas, enfadadas, temerosas, frustradas o excitadas. El estado Zeta,

poco frecuente, no se dibujaba con demasiada claridad. Ocho personas dijeron que en ese intervalo habían estado ocupadas en la resolución de cierto tipo de problemas. Con este experimento, la Dra. Brown confirma el poder discriminatorio de la gente ante los diferentes ritmos cerebrales (Brown, 1971).

Una sugerencia es el estudio del *estado Zeta* como camino para alcanzar un sensacional incremento de la eficiencia con el que funciona la mente. Otra sugerencia es que, probablemente, los cambios más interesantes, en materia de conciencia, no procedan del incremento de la duración *Alfa*, sino en variar la frecuencia de las ondas alfa, o sea, de pasar a *Zeta*.

2.5.4.2.1.5.2. Elmer E. Green

También de lo sugerido por B. Brown, se puede aprender, y es algo que comprobaron en la *Fundación Menninger*, en el *Centro Psiquiátrico* de Topeka, Kansas. Para uno de sus pabellones, el *Centro de Investigaciones Gardner Murphy*, se contrata al Dr. Elmer E. Green, como Director del Laboratorio de Psicofisiología. El Dr. Green, era un físico, dedicado a la producción de armamento y que a sus 37 años abandona la Física y estudia Psicología Fisiológica en la Universidad de Chicago. En esos años le impacta un tema. Cómo los procesos inconscientes de la mente y del cuerpo funcionan sintonizándose y cómo se puede acelerar una función, por ejemplo, por control interno. Estudia la enfermedad psicosomática y se orienta al anverso de esas enfermedades. La salud psicosomática. Mente y cuerpo se complementan. Si se perturba uno, el otro también sufre.

Sus primeros estudios se dirigen a averiguar cómo entra en escena la voluntad de la persona. Una técnica que emplea, en un principio, es la hipnosis. También se confiesa tributario, desde 1959, del entrenamiento autógeno de Johannes Schultz, casi desconocido aún por entonces en Estados Unidos. Le atrajo la combinación que se hacía, en esta técnica, de los aspectos de autocontrol del yoga con ciertas técnicas tomadas de la hipnosis médica. Schultz, a diferencia de Freud, dejaba la situación, en la hipnosis, en manos del paciente, en una especie de autohipnosis acompañada de ejercicios graduales de entrenamiento. Pero estos exigían mucho tiempo de aprendizaje (Schultz, and Luthe, 1959).

En 1964, Green es contratado por Gardner Murphy, de *Menninger*. Se pone a su disposición un Laboratorio de Psicofisiología. Su misión: Ofrecer a psiquiatras y psicólogos del Centro, la oportunidad de experimentar y saber lo que ocurría en el cuerpo durante diversos estados psicológicos. Además, Murphy pone a Green al tanto de la nueva técnica, la *bio-retroalimentación*, y le invita a combinarla con sus conocimientos de entrenamiento autógeno.

En esta labor, le acompaña su esposa Alyce, psicóloga. Enseguida comprueban y confirman que el Biofeedback es una técnica que permite a la gente aprender diversas formas de control, y de manera mucho más rápida que el entrenamiento autógeno por sí solo. También comprueban que ciertos entrenamientos son más difíciles que otros y que ciertas indicaciones verbales del entrenamiento autógeno ayudan mucho a los sujetos a ponerse a tono. Su primera labor fueron mas bien trabajos piloto, sobre ellos mismos y algunos amigos. Además, diseñaron y construyeron aparatos portátiles de retroalimentación EEG, fiables y utilizables en laboratorios (Green, Walters, Green, and Murphy, 1969).

Sus primeros proyectos serios se concretan en elaborar un ambicioso *programa de entrenamiento Alfa y Zeta* para estudiantes universitarios. En su laboratorio, a donde acudían los practicantes, todas las semanas, después de practicar en sus casas, los Green les interrumpían varias veces en cada sesión con retroalimentación, especialmente en *periodos Zeta*, para preguntarles que es lo que tenían en mente. La *muestra piloto* la integraron ocho voluntarios. De ellos, cuatro aprendieron poco a poco a incrementar la proporción de *ondas Zeta*. También aprendieron a

expresar, cada vez mejor, sus imágenes mentales. Esperaban poder generalizar esos conocimientos al resto de los estudiantes y a otras personas en general (Green, Green, and Walters, 1970).

Un buen día, aparece en Topeka, el H. H. Swami Rama, de cuarenta cinco años de edad, estudiante de yoga desde los cuatro años, en el Norte de la India. Su *Guru* le enviaba a Estados Unidos para que hablara a Occidente de los efectos del entrenamiento yóguico. La primera demostración de Swami fue conseguir que una mitad de la palma de su mano derecha se calentara diez grados más que la otra. Los Green ya habían conseguido calentar una mano más que la otra. Pero esto era fantástico. Al día siguiente paralizó su corazón. Primero retrasó el ritmo cardíaco de setenta y cinco a cincuenta pulsaciones por minuto. Después le hizo latir tan aprisa que no podía ya bombear sangre. Mantuvo este estado durante diecisiete segundos, aparentemente incólume, y después se fue a una conferencia. El *Swami* examinó el instrumental del laboratorio. Le impresionó. La misión ahora era dejarse colocar los electrodos y permitir examinar su EEG. Durante dos semanas no fue capaz de relajarse o meditar. Se había preocupado por el precio del papel milimetrado, que estaban malperdiendo, y eso le impedía relajarse y concentrarse. Le aseguraron que aquello no arruinaría el proyecto. Eso le calmó. En la próxima sesión, se tumbó, y en quince minutos dijo estar preparado. Observaron que, tras algunos trenes de ondas alfa, produjo un elevado volumen Zeta: El 75% de actividad cerebral durante casi minutos, un porcentaje excepcionalmente alto. Al día siguiente, produjo ondas algo más lentas, las ondas Delta de sueño profundo, mientras permanecía plenamente consciente. El *Swami* roncaba, pero no estaba dormido. Repitió el 90% de las frases que Alyce Green le leyó. Luego explicó que lo hacía y conseguía, basándose en la concentración. Las ondas Alfa, muy fáciles para él, las conseguía con sólo no pensar en nada durante ese tiempo. Las ondas Zeta aparecían cuando aplacaba su mente consciente y dejaba salir el inconsciente. Las ondas Delta, que él denominaba '*sueño yóguico*', surgían al acallar su mente y su cerebro al mismo tiempo. En quince minutos podía conseguir los efectos de una hora de buen sueño. El *Swami*, en cuanto aprendió e identificó qué estados correspondían a los nombres *Alfa*, *Zeta*, *Delta*, pudo predecir con absoluta exactitud qué ondas cerebrales iba a producir.

Por detrás de esto, había un largo entrenamiento. Los Green se preguntaban, después de la experiencia con el *Swami*, qué grado de control puede lograr una persona media tras un periodo relativamente corto de entrenamiento con biorretroalimentación. Constatan, además, que se necesita que el sujeto '*fije la atención*' firmemente y la mantenga así el tiempo suficiente. Uno de los problemas planteados es la forma de acortar, si era posible, el tiempo de entrenamiento. En la *Universidad Rockefeller* se estudiaba ya esa posibilidad. Los Green aventuraron una solución. El ordenador. Este facilitaría el control del cuerpo y evitaría primar con retroalimentación una respuesta indirecta. Miller sugería intentarlo con la hipnosis. Otro problema es el de la generalización de los resultados de laboratorio a situaciones terapéuticas fuera del laboratorio (Green, Green, and Walters, 1971a; 1971b).

Prevén que la retroalimentación puede ayudar a la Medicina en la prevención de la enfermedad, en la redacción de la gente antes de que se causen daños permanentes a sus órganos internos.

2.5.4.2.1.5.3. Thomas H. Budzynski

Intentos de Autoeducación y Autocontrol: Y no sólo eso. Preveían los investigadores que la retroalimentación podría conducir a un modo de vida más sano. El pionero en esta línea fue el psicólogo T. H. Budzynski. Empezó a reeducar a pacientes de insomnio enseñándoles a producir ondas cerebrales lentas (Budzynski, and Stoyva, 1969; Budzynski, Stoyva, and Elder, 1970). Con un electromiógrafo, les enseñaba primero a relajar los músculos de la frente (Budzynski, 1973;

Budzynski, and Stoyva, 1973). Esto produce una relajación general, que es prerequisite necesario para los ritmos Alfa lentos y Zeta. Pretendían con todo ello que se disminuyera el consumo de barbitúricos y tranquilizantes, y sustituirlos con entrenamiento en Biofeedback (Budzynski, 1977; 1978). Las ondas Zeta se preveía que serían un camino de acceso al mundo de los pensamientos anteriormente reprimidos.

2.5.4.2.1.6. *Primeras Aplicaciones: Condicionamiento de Masas*

Pero no todo era tan ecológico. Con todos esos datos, el Ministerio de Defensa de los EE.UU., financia generosamente a investigadores voluntarios. El enfoque era muy diferente. Su objetivo era conseguir, mediante Biofeedback, el rendimiento de los hombres en combate y en otras emergencias. Se elabora el A.R.P.A. (*Advanced Research Program Agency*), programa muy ambicioso de investigación sobre retroalimentación. Uno de los investigadores e inspirador de este programa del Ministerio de Defensa fue Jan Berkhout, psiquiatra, ágil, inteligente y con una gran capacidad verbal, del *Instituto de Investigación Cerebral*, de *UCLA*. Ya había realizado trabajos de estimulación cerebral en pacientes mentales.

Con su actual proyecto pretendía comparar los patrones EEG procedentes de dos áreas diferentes de la cabeza, para ver cómo se relacionaban durante la *percepción* o el *aprendizaje*.

Los primeros trabajos los realizaron con monos. Los avances de los primeros resultados indicaron que el mejor momento para asimilar y almacenar información visual nueva puede ser cuando las ondas cerebrales del Área Visual de la corteza se encuentran sincronizadas con las que proceden de la parte visual del Sistema Reticular, el sistema que produce la activación. Esa sincronía recibió el nombre de *coherencia*. Si eso ocurría en monos, les quedaba ver si con los humanos pasaba lo mismo. Berkhout intentaría entrenar a personas para que las produjeran en más cantidad. Esto permitiría que soldados y no soldados, incrementaran su capacidad de aprendizaje, a voluntad.

Otros objetivos de ARPA fueron entrenar a los soldados para que potenciaran los sentidos de la vista, oído y olfato, a través de retroalimentación, con el fin de evitar emboscadas y detectar fuerzas y material enemigo en el campo de batalla. Un reflejo de este programa es el personaje de *Rambo*. Y así es como este instrumento de autodomínio, la retroalimentación, se convertía en un nuevo instrumento, más o menos eficaz, de condicionamiento de masas.

2.5.4.2.1.7. *Condicionamiento Operante vs. Autoeducación con Biofeedback*

La diferencia entre condicionamiento operante y la autoeducación a través de la biorretroalimentación es, a veces, muy sutil, pero no por eso menos importante: La cuestión es quién es el que está en controles. En el condicionamiento operante, el experimentador decide sobre las tareas, recompensas y castigos, y el sujeto no puede ni siquiera saber que está sufriendo el cambio. En la autoeducación, la persona aprende a someter a control un proceso normalmente inconsciente y obtener así un grado más de libertad.

Skinner decía que para cambiar la conducta de las personas, no había otra opción que emplear el condicionamiento operante, en una forma u otra (Skinner, 1938). En desacuerdo con él, los investigadores del Biofeedback, opinan que el hombre puede cambiarse a sí mismo a través de la acción voluntaria. Puede remodelar su personalidad, mejorar su salud, y, en cierto sentido, rehacer su mundo mediante la biorretroalimentación.

2.5.4.2.1.8. Otros Estudios: Nuevos Ritmos de Ondas Cerebrales.

En *Detroit*, un investigador, Ernest Rodin, se dedicó a estudiar el campo de las ondas cerebrales de alta frecuencia, esas que no registran los electroencefalógrafos normales.

Sus primeros resultados apuntaron a que esas frecuencias están relacionadas con la actividad de los centros más profundos del cerebro. Y si esto era así, podría ayudar en la retroalimentación.

En *Los Ángeles*, otro investigador, Barry Stermán, logró aislar y dar nombre a ciertos tipos de ritmos que antes no tenían nombre. Entrenó a gatos, usando leche como recompensa. Cuando producían esos ritmos, notó que cambiaban bruscamente sus comportamientos.

Un grupo fue entrenado para producir el ritmo '*sensorimotor*' (RSM), (12-16 Hz), tipo de ondas procedentes de áreas sensoriales y motoras de la corteza. Tras la producción de esas ondas los sujetos cayeron en una especie de inmovilidad, como congelados en actitudes teatrales. Como efecto añadido, los gatos se dormían con sueño tranquilo e ininterrumpido. Se ralentizaba su ritmo cardíaco y presentaban una resistencia excepcional a ciertas drogas.

Tras otro experimento, surgió la posibilidad de que las personas, sin cirugía, podíamos aprender a estimular, los centros de placer de nuestro propio cerebro. Descubrió unos ritmos en los gatos, tras ingerir leche como recompensa. Nunca los producían cuando estaban muy hambrientos. Dedujo que esos ritmos podían estar relacionados con sus sensaciones de saciedad o de disfrute. Se dedicó a condicionar a un grupo de gatos para que produjeran ese ritmo de ondas entre 4-12 Hz que abarca a Zeta y a la mayor parte de Alfa y que él denominó '*ritmo postesfuerzo*'. Descubrió que cuanto más volumen de este ritmo producían los gatos, menos se preocupaban por su recompensa de leche, se tendían en la cámara de condicionamiento, cerraban los ojos y ronroneaban, como si se encontraran en un estado de puro deleite.

Ese entrenamiento podría resultar una especie de revulsivo para quienes no encuentran apenas placer en la vida. Podría provocar cambios profundos en su personalidad, convirtiendo a una persona, normalmente tensa y malhumorada, en otra satisfecha y bien dispuesta.

Junto a Stermán, destaca igualmente como pionero y máximo investigador en la aplicación de procedimientos EEG al tratamiento de pacientes con epilepsia, Joel F. Lubar. Y junto a ellos otros muchos.

Trabajan bajo el modelo de que existe un circuito regulador talamocortical, que en los epilépticos estaría alterado. Esta sería para ellos la causa de ciertas anomalías EEG de estos pacientes en el área somatosensorial. Stermán (1981), sostenía que los epilépticos mantienen dicho circuito parcialmente abierto. El entrenamiento, pues, iría encaminado a enseñar al sujeto a cerrar el circuito, restableciendo el funcionamiento normal. Conseguirlo, sería obtener el buscado éxito terapéutico. En el ámbito de EEG, los epilépticos difieren de los sujetos normales en una mayor producción/presencia de actividad cerebral en las frecuencias bajas 0 a 3 y 4 a 7, y en las altas, entre 20 a 23 Hz. Y presentan una menor presencia de actividad de las frecuencias intermedias de 12-15 Hz. Esas diferencias se hacen muy patentes en las zonas rolandicas sensorimotoras, y, además, más que en cualquier otra zona; (Stermán, and Friar, 1972; Stermán, and MacDonald, 1978; Stermán, 1982). El procedimiento consistiría en enseñar a los sujetos una manera de aprender a disminuir la actividad de las frecuencias muy bajas y altas, y a incrementar las frecuencias intermedias, entre 12 y 15 Hz.

Joel F. Lubar trabaja, también según este modelo (Lubar, 1977; 1982). Les imitan otros muchos investigadores. Logran que disminuyan los ataques en algunos sujetos, en porcentajes muy significativos, hasta en un 60%, pero no tanto en otros sujetos. Todo un éxito.

Pero no les quedó muy claro si la disminución se debía al tratamiento, o simplemente, a un reequilibrio general del funcionamiento de todo el cerebro. No obstante, todos parecen que

llegaron a la conclusión de que el tratamiento, a pesar de las dificultades tecnológicas y de filtrado de las señales, se revelaba como muy prometedora.

2.5.4.2.2. *La Actividad Eléctrica de la Piel*

2.5.4.2.2.1. *Objetivos*

El objetivo de estas series de investigaciones fue: Estudiar y desentrañar el tema de la *actividad eléctrica de la piel*, y más específicamente, en la variedad de:

- la *respuesta dermogalvánica* (RDG), o
- la *resistencia eléctrica de la piel* (REP), y demostrar
- la *posibilidad de modificación* de las mismas, y esto en sujetos humanos, y a través del Condicionamiento Instrumental.

2.5.4.2.2.2. *Equipos de Investigación*

Dos grupos se embarcaron en esta línea de investigación. Los directores, H. D. Kimmel y D. Shapiro, respectivamente.

1. *Equipo de H. D. Kimmel.* Este equipo con sus series de investigaciones lograron demostrar con sus experimentos sucesivos la *posibilidad de control operante* de la *respuesta dermogalvánica* (RDG) (Kimmel, and Kimmel, 1963; Kimmel, 1967; Kimmel, and Hill, 1967)

2. *Equipo de D. Shapiro.* Dirigidos por este investigador, un grupo de experimentadores, en la Universidad de Harvard, desarrollan proyectos paralelos a los anteriores. También lograron demostrar experimentalmente la *posibilidad de incrementar y reducir* por medio del Condicionamiento Operante la *respuesta del Potencial Eléctrico de la Piel* (PEP) (Shapiro, Crider, and Tursky, 1964; Shapiro, and Crider, 1967)

Todos estos investigadores tuvieron grandes problemas, sobre todo metodológicos. Pero a pesar de todo, con tenacidad y no menos ingenio, lograron demostrar, experimentalmente. La *posibilidad de modificación operante*, y por tanto, el *control voluntario* de una función genuinamente autónoma como es la actividad electrodermal. Lo hecho por estos investigadores, y los resultados alcanzados, suponen un paso más, muy importante, en la verificación de la posibilidad de control voluntario del sistema nervioso autónomo y de las respuestas correspondientes por él controladas (Carrobbles y Godoy, 1987, p.33).

2.5.4.2.3. *El Potencial o Actividad Neuromuscular*

En esta línea de investigación nos encontramos con:

- Autores que continúan las investigaciones sobre *relajación* iniciadas por Jacobson

- Otros se centran en demostrar la *posibilidad de control voluntario* de la propia actividad neuromuscular, con aplicación de procedimientos de Biofeedback en la rehabilitación de una gran variedad de trastornos neuromusculares.

Los trabajos más relevantes aparecen a finales de los años 60. En esos Informes encontramos *intentos*, con éxito, por:

- *inducir un estado de relajación profunda*, entrenando a los sujetos, facilitando para ello *feedback* del nivel de *tensión electromiográfica* (EMG), de los músculos del:
 - *antebrazo* (Green, et al., 1969).
 - *frente* (Budzynski, and Stoyva, 1969).
- Posibilidad de *controlar voluntariamente* la actividad *EMG* de *unidades motoras aisladas*, por autores como Harrison y Mortensen, (1962), y Basmajian (1963, 1967).
- *aplicar* estas nuevas técnicas a problemas clínicos reales en sujetos humanos (Marinacci, and Horande, 1960; Andrews, 1964), como *Hemiplejias*, *Parálisis de Bell*, *Poliomielitis...*

2.5.4.3. RESUMEN

1. Queda establecido definitivamente el *Biofeedback* como fenómeno genuino y auténticamente científico. Quedan algunas sombras y dudas: Especificidad del aprendizaje, o posibilidad de mediación en este aprendizaje de procesos somáticos o motores.
2. Aplicación exitosa en la terapia de diferentes problemas clínicos, especialmente trastornos psicósomáticos.
3. A finales de los 60, se produce en *Santa Mónica*, 1969, una reunión de un significativo grupo de autores, convocados por Bárbara B. Brown. En esa reunión se ponen las bases de lo que se llamará *Sociedad para la Investigación del Biofeedback*.

2.5.5. AÑOS 70: LA CONSOLIDACIÓN DEL BIO-FEEDBACK

Al comienzo de los años 70, con la constitución de la nueva '*Sociedad para la Investigación en Biofeedback*', los resultados de muchas investigaciones están ya muy validados y el Biofeedback sólidamente constituido: Hay unos principios teóricos, una metodología, una campo de acción, investigaciones que continúan, unas aplicaciones... Todo este cúmulo de circunstancias provoca que cientos de equipos, tal vez demasiados, en todo el mundo, se pongan a investigar. No sólo sobre el mismo, sino sobre todo, tratando de validar sistemas de aplicación terapéutica para cantidad de trastornos, especialmente para los que se conocen como trastornos psicósomáticos.

Tres categorías, pueden agrupar el acontecer de los hechos y/o trabajos producidos a partir de entonces (Carroble y Godoy, 1987):

- *Investigaciones Básicas de Laboratorio, con animales y humanos.*
- *Aplicaciones Clínicas.*
- *Logros Institucionales.*

2.5.5.1. PRIMERAS DEFINICIONES

2.5.5.1.1. Definiciones de Biofeedback

La *Biorretroalimentación* consiste, esencialmente, en el empleo de medios mecánicos para amplificar ciertas indicaciones internas y hacernos conscientes de ellas. Controlar algo, en este caso, actividades internas del organismo, exige tener conciencia de esa actividad, una conciencia precisa. En eso consiste la bioinformación. Así se consigue la posibilidad de autocontrol.

C. Maxwell Cade habla del '*factor esencial*' que dice consistir en la presentación al sujeto, en '*tiempo real*', de la información obtenida. Es decir, si alguien está intentando aprender a generar ondas alfa y la máquina no procesa ni retroalimenta la señal que indica al sujeto que está produciendo ondas alfa hasta cinco minutos o incluso sólo segundos después, no se produce el aprendizaje de la autorregulación.

Los primeros experimentos con animales llevan a la conclusión de que la antigua diferenciación entre componentes voluntarios e involuntarios del sistema humano carecía de base real. El simple hecho de tomar conciencia, mediante una retroalimentación en '*tiempo real*', de los estados psicobiológicos involuntarios, capacita a los sujetos para controlar esos estados: Podían reducir la presión sanguínea, elevar o reducir la temperatura de sus manos, hacer que sus corazones latieran más deprisa o más despacio, aumentar o reducir las secreciones ácidas del estómago o alterar el espesor de sus sistemas, reduciendo las hormonas nocivas relacionadas con la relajación. En realidad, por traslación, parece que si se proporciona un tipo de retroalimentación adecuada a los seres humanos, pueden éstos ejercer control, incluso, sobre cada una de las células de su cuerpo (Cade, and Coxhead, 1979, Basmajian, 1963).

2.5.5.1.2. Procedimientos Metodológicos

En los años 60, varios equipos de investigadores, de forma simultánea, y cada uno en su campo, van afirmando los principios del Biofeedback, a través de una *Investigación Sistemática*, tanto en animales como con humanos. La nueva disciplina va configurándose inequívocamente como una *técnica no invasiva* del cerebro. Tampoco van por el camino de las drogas: Los sujetos no tienen por qué ingerir sustancias químicas. Los *procedimientos* van orientados a *ampliar* las vías normales de aprendizaje. Éste, se sabe ya, depende siempre de algún tipo de retroalimentación, ya sea procedente de ojos, manos, oídos, otras personas o de otras fuentes..., y que van indicando al sujeto si está consiguiendo o no lo que pretende. Todo lo anterior exige, a su vez, de los sujetos.

- *entrenamiento intensivo y focalizado;*
- *concentración máxima,* junto con
- *información exacta,* mediante señales instantáneas de lo que sucede en el cerebro/músculos/etc., para recompensar el latido/movimiento/etc., adecuado y permitir así la función siguiente, y
- *motivación:* Al sujeto tiene que importarle, porque de lo contrario, los resultados no le son gratificantes. En la retroalimentación, se van a usar, fundamentalmente, *luces* y *sonidos*, y mediante esas señales se le indica si está haciéndolo bien. La rapidez a la que funciona el cuerpo constituye la fuerza de la retroalimentación.

2.5.5.1.3. Principios Teóricos

Se apoyan y basan en el *Condicionamiento Instrumental*, que persigue el aprendizaje por *Refuerzos*. Pero se encuentran con ciertos prejuicios y supuestos, universalmente aceptados, sobre todo en Occidente. Esas creencias/dogmas mantenían la distinción entre:

- *Sistemas Voluntarios*, que son el objeto primordial del Condicionamiento Instrumental, y
- *Sistemas Involuntarios*, que comprenden:
 - *ritmo y amplitud de ondas cerebrales;*
 - *expansión contracción de vasos sanguíneos;*
 - *la presión sanguínea;*
 - *el ritmo cardíaco;*
 - *el ritmo de curación;*
 - *el fortalecimiento del sistema inmunológico;*
 - *la secreción hormonal;*
 - *la temperatura corporal;*
 - *la secreción de ácidos estomacales;*
 - *etc.*

Ahora se han establecido dos hechos que rompen ese dualismo. Todo es ya posible mediante la aplicación de los principios del *Condicionamiento Instrumental*. Lo confirman, los resultados experimentales conseguidos en laboratorios y con los análisis y confirmación que aportan los experimentos con *Yoguis* y los *Maestros de Zen*. Estos conocen las habilidades de control voluntario de las funciones corporales desde hace miles de años. Y las aprenden por la senda dura: Toda una vida dedicada a la *Meditación* y al *Estudio*.

Según la división tradicional, la mayor parte del funcionamiento cerebral, como serían los ritmos de actividad eléctrica; la secreción de sustancias químicas, y gran parte del Sistema Nervioso, quedan fuera del control consciente. Los descubrimientos de la retroalimentación demuestran que:

- Podemos aprender a controlar cualquier sistema físico del cual seamos conscientes, y no sólo eso, sino que,
- podemos aprender a alterar los sistemas considerados involuntarios, como presión sanguínea, ritmo cardíaco, etc. Incluso, podemos llegar a controlar los propios pensamientos, las emociones, los estados mentales...

Y desde los años 60 se empieza a experimentar que es posible:

- el *autocontrol* de funciones que siempre se soñó en poder controlar, pero que nunca se habían conseguido controlar, tales como: la posibilidad de olvidar el dolor, una alerta excepcional, el embelesamiento creativo, etc., y además se descubre que todo eso lo podían conseguir,
- *a voluntad*, cuando uno quiera o lo necesite, y
- *con rapidez y pruebas sólidas.*

2.5.5.1.4. Procedimientos Instrumentales

Los primeros aparatos trabajaban apoyados en técnicas invasivas, y captaban, amplificaban y devolvían la señal. Siguiendo las reglas del *Condicionamiento Instrumental* suministraban refuerzos positivos en forma de *comida, bebida y/o descargas en centros de placer del cerebro...*

Los nuevos conocimientos y principios imponían una *adaptación* de los primeros aparatos. Su función iba a ser la de medir los cambios diminutos que se iban produciendo en los cuerpos de los animales. Los científicos habían descubierto que si los cambios diminutos, medidos por las máquinas, se amplificaban de alguna manera y se devolvían a los animales, de forma que, cuando realizaban una tarea deseada, como intentar que una oreja se ponga caliente y la otra fría, recibían un '*refuerzo positivo*', como placer, los animales podían aprender a controlar prácticamente cada parte de su cuerpo, incluso aquellas que durante tanto tiempo se consideraron involuntarias, y aprendían a ejercer ese control con gran rapidez (Miller, 1961a; Miller, and DiCara, 1968, DiCara, 1970).

La velocidad a la que funciona el cuerpo constituye la fuerza de la retroalimentación. Pero, por lo mismo, exige dispositivos cada vez más sofisticados. Así, la nueva disciplina requiere el empleo de *Dispositivos Electrónicos* como son los *Ordenadores*, los *Amplificadores Biológicos*, y los nuevos modelos de *Electrodos*. Todos estos dispositivos son los que posibilitan:

- *mediciones relámpago*, a la velocidad que actúa el cuerpo,
- *amplificaciones biológicas enormes*, pues los cambios psicológicos son tan pequeños que, si no es así, no son perceptibles. Por eso eran ignorados muchos de ellos,
- *cálculos rápidos*, para conocer, al instante, si se produce el cambio deseado y si es hacia atrás o hacia delante,
- *displays instantáneos*.

2.5.5.2. INVESTIGACIONES BÁSICAS DE LABORATORIO

Los investigadores han descubierto un filón. El tema, además de atractivo, tiene unas virtualidades incalculables. La investigación de laboratorio se incrementa. Reconocen que existe cantidad de problemas por dilucidar en torno a la Fisiología y el Aprendizaje. En estos primeros años 70, los investigadores que continúan publicando Informes Científicos, siguen siendo los mismos que lo venían haciendo. Se le suman algunos más. En sus objetivos se detecta un *afán* por:

- *verificar* la posibilidad de control operante o voluntario de las distintas respuestas autónomas o centrales, sin excluir ninguna, por difícil o complicada que pareciera; y
- *demostrar* la posible especificidad o independencia de este control en procesos somatomotores o esqueléticomusculares y cognitivos.

Las investigaciones emplean sujetos humanos y animales.

2.5.5.2.1. Con Animales

En la anterior etapa, fueron numerosos los experimentos con animales. Ahora interesan más las aplicaciones clínicas. Por eso decrecen en número las llevadas a cabo con animales. El trabajo con animales se orienta a la *replicación* de logros anteriores. Algunos equipos, incluso el mismo Miller, encuentran dificultad para replicar los hallazgos primeros con ratas curarizadas. Miller

explica, por fin, que esta dificultad se debe a la manipulación comercial e industrial de la droga *d-tubocurarina*. Pero a pesar de estas dificultades, se van consolidando la *calidad técnica* y purificando la *metodología*.

2.5.5.2.2. *Con Humanos*

Los experimentos con personas aumentan en número. Tal vez llegaron a ser excesivas y desarrolladas por equipos muy heterogéneos. Alguno de estos aparentaban no tener la suficiente preparación ni técnica ni metodológica.

2.5.5.2.3. *Objetivos y Campos más Relevantes*

Estas investigaciones tienen por objeto fundamental y primario: *Unas*, el ir verificando la posibilidad de control voluntario de diferentes funciones biológicas. Pretenden ir confirmando, en humanos, los hallazgos conseguidos con animales; *otras*, las más numerosas, van por lo práctico y se orientan a las *aplicaciones terapéuticas* de los nuevos conocimientos. Esas aplicaciones se orientan a unos campos muy concretos. Así:

1. *Campos Relevantes:*

- El del control de *Ondas Cerebrales* y estudio de su relación con diversos estados de conciencia (Nowlis, and Kamiya, 1970; Brown, 1971; Mulholland, and Peper, 1971; Wallace, 1970).
- Las *Respuestas Electrodermales*. Como no se ven en estos estudios demasiadas proyecciones prácticas inmediatas, son menos numerosas que la de otros temas.
- La *Actividad Neuromuscular*, que tiene gran proyección clínica

2. *Campos Menos Relevantes*, en los cuales ya se venía trabajando, como en:

- *Presión sanguínea*,
- *Funciones cardiacas*,
- *Temperatura de la piel...*

2.5.5.3. *APLICACIONES DEL BIO-FEEDBACK A PROBLEMAS CLÍNICOS*

La masiva investigación, tanto con animales como con personas, que numerosos laboratorios ponen en marcha, encuentra una motivación inmediata. Se produce un intento extenso y sistemático de aplicación de los descubrimientos mediados por la aplicación del Biofeedback a la resolución de una gran multitud de problemas clínicos humanos. Estas investigaciones, analizadas veinte años más tarde, llevan asociadas unas curiosas características, algunas de las cuales son muy propias de las disciplinas clínicas neófitas:

- En muchos de los trabajos, se nota aún una cierta carencia, aparente, y en algunos casos real, de rigor experimental.
- Esta nueva técnica, desarrollada muy primordialmente por psicólogos, es cultivada y empleada también, en sus terapias, por investigadores muy heterogéneos.

- Llega un momento en el que los datos son tantos, que apenas tenían tiempo para digerirlos, lo que crea inquietud y una cierta confusión.
- El entusiasmo por la nueva técnica, no impide que mentes serenas, se paren a pensar y a analizar, en plan crítico, las insuficiencias metodológicas (Blanchard, and Young, 1974; Blanchard, and Epstein, 1977).
- La década termina, tras tantos vaivenes, altos y bajos, con la estabilización de las técnicas y de los diversos métodos.

2.5.5.4. LOGROS INSTITUCIONALES

A finales de 1960, muchos de los investigadores más significados que venían trabajando con el Biofeedback se conocían entre sí, estaban al tanto de sus respectivas investigaciones, manejaban una terminología muy equivalente y estaban más o menos de acuerdo en una serie de conclusiones.

Aprovechando el momento, en 1969, Bárbara Brown, invita a reunirse en Santa Mónica, California, a los investigadores más significados en el campo del Biofeedback. Juntos crean la '*Biofeedback Research Society*'. Les une una idea básica: Desarrollar el Biofeedback. Para ello, se proponen:

- *Recopilar* todas las investigaciones sobre el tema realizadas hasta entonces
- *Acuñar el término Biofeedback*.
- *Difundir los principios básicos* que deben informar la nueva metodología o técnica
- *Estimular nuevas investigaciones y publicar sus Informes*.

En 1976, la nueva *sociedad* cambia de nombre. Se llamará '*Sociedad Americana de Biofeedback*' (SAB).

Para cumplir sus fines, fundan la revista '*Biofeedback and Self-regulation*'. Es trimestral y publica artículos sobre investigaciones humanas y animales, sobre aplicaciones clínicas del Biofeedback. También publica Informes Científicos sobre *estados alterados de conciencia* y sobre desarrollos y aplicación de procedimientos de autorregulación y autocontrol. La revista es la más prestigiosa en su campo.

En 1980, la *sociedad* crea un '*Instituto*' paralelo. Su finalidad es la *capacitación profesional y expedición de certificados de especialización en Biofeedback*. Paralela al *Instituto*, desde 1977 funcionaba la '*American Association of Biofeedback Clinicians*'. A partir de aquí organizan *Congresos* y *Encuentros* periódicos, imparten *Cursos* y *Seminarios* de especialización en aplicaciones clínicas del Biofeedback. Ser terapeuta en Biofeedback supone desde entonces alcanzar un Certificado. Esta Asociación crea a su vez, el '*American Journal of Clinical Biofeedback*' que en 1985 cambia a '*Biofeedback and Health: An International Journal*'. La finalidad aparece clara: Ampliar el ámbito de influencia e integrar su contenido en el campo más general de la Salud.

En los años 80, el fenómeno del Biofeedback está ya plenamente consolidado y empieza a considerarse como un componente o subespecialización de la *Medicina Conductual*, o de la *Psicología de la Salud*. Básicamente supone la aplicación de todo el bagaje de técnicas propias de la *terapia o modificación de conducta*, al campo de la *medicina* o a los *problemas de la salud* (Carrobbles y Godoy, 1987).

2.5.6. BIOFEEDBACK, ESTADOS ALFA Y 'MÁQUINAS DE LA MENTE'

En torno al tema del biofeedback, las continuadas investigaciones han ido acumulando evidencias. Se tienen resultados científicos, contrastados y válidos. Se constata que los primeros diseñadores de las '*máquinas de la mente*', y que construyen sus primeras máquinas por esos años, conocen dichos datos científicos. Y dijeron entonces, y lo siguen manteniendo, que sus máquinas están en línea con ellos. No está mal la apropiación. Falta, pues, investigar e ir probando, primero la eficacia de dichas máquinas para producir ciertos estados, o cualquier estado de conciencia, y después, cómo van a captar, filtrar y amplificar las ondas EEG, y con qué señal van a avisar a los sujetos de que han conseguido ese estado, y se mantienen en él.

Parece como que, con las '*máquinas de la mente*', se quisiera entrar en el campo de la Psicología, por la puerta trasera, saltándose, sin escrúpulos, muchos de los pasos necesarios, para poder llegar, en ciencia, a formular algunas afirmaciones, cuantiosas promesas, e innumerables beneficios para el bienestar general de las personas. Bien está prometerlo, pero las cosas hay que ir probándolas, y aportando las correspondientes evidencias. Los grandes investigadores que vienen trabajando con el condicionamiento EEG, aún no están seguros de si los beneficios que creen encontrar en dicho condicionamiento en las aplicaciones terapéuticas, se deben a dicho condicionamiento, o simplemente a un funcionamiento más equilibrado de todo el cerebro.

Por eso, no está de más, en este momento, recoger las palabras de Mulholland, presidente durante los primeros años 70, de la incipiente '*Sociedad de Investigación en Biofeedback*': "El estado alfa es el fenómeno más común del EEG. Basta con cerrar los ojos para producir un estallido de ondas alfa. La mayoría de las personas entra y sale del ritmo alfa varias veces por minuto".

Fueron, y son, palabras para alertar a los profesionales del biofeedback de la apropiación indebida que ciertas categorías de charlatanes hacían de los supuestos beneficios del estado alfa.

No se quiere decir que todos los diseñadores de las '*máquinas de la mente*' sean '*charlatanes*' de feria. Pero cierta propaganda sí que roza un poco ese lindero. En sus proyectos, hablan de esta posibilidad del condicionamiento mediante el entrenamiento EEG.

Por las breves reseñas que se apuntan en este tema, queda claro que ese condicionamiento es posible. Pero no se pueden pasar por alto las grandes dificultades técnicas que grandes y muy experimentados investigadores han encontrado y encuentran en diseñar los procedimientos más adecuados y en adaptar las tecnologías más propias en las aplicaciones del biofeedback. Captar el EEG es una tarea compleja, y filtrar correctamente las frecuencias que se quieren condicionar, y amplificarlas suficientemente, además de complejo, es muy difícil.

De todos los investigadores citados en el tema tal vez sea Thomas H. Budzynski, quien más se ha acercado a dichas máquinas. Pero no ha profundizado mucho en ellas. Desde su situación de experto en *estados alterados de conciencia* y, sobre todo, de los escurridizos *estados hipnagógicos*, lo que hace es animar, impartir consejos, les marca caminos, les sugiere ideas, les apoya, pero no ha querido entrar de lleno en lo que sería una validación convincente de dichas máquinas.

Claro que el papel lo soporta todo, y su empeño parece factible, pero no es nada fácil, ni siquiera para investigadores expertos. Pensemos en la propaganda, a quién se dirige, dónde se difunde, y que, como consecuencia de dicha propaganda, qué personas terminan comprando tales máquinas. Por todo ello, la alarma, para los psicólogos, está más que justificada.

3. ESTADO ACTUAL: NEUROCIENCIA, LA ÚLTIMA FRONTERA

3.1. LA NEUROMETRÍA CEREBRAL.

UNA ANDADURA LARGA Y DURA

Se puede afirmar que la *Neurometría* es *Ciencia* relativamente nueva. En su desarrollo espectacular podemos distinguir varias *etapas o pasos*:

3.1.1. PRIMERA ETAPA, AÑOS 20: REGISTRO DE LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA DEL CEREBRO

3.1.1.1. Tras el 'EEG': Primeros Intentos.

Esta primera fase está caracterizada por la *detección* del fenómeno eléctrico cerebral y por la búsqueda del instrumental capaz de registrar esa actividad y de ayudar a descifrar esta enigmática realidad. Es uno de los criptogramas más interesantes. La actividad eléctrica que puede registrarse en la superficie del cráneo la podemos encontrar en la naturaleza. Hasta que no han aplicado los ordenadores, los electrofisiólogos siempre se habían encontrado con barreras insuperables. Las ondas de superficie que reflejan esa rica y constantemente cambiante actividad eléctrica del cerebro, fueron observadas por primera vez, que se sepa, por el fisiólogo inglés Richard Caton, en 1857. Caton observó y describió, la actividad eléctrica del cerebro en monos y conejos, con electrodos en contacto directo con el cerebro expuesto (*electrocorticogramas*) (Caton, 1875).

En 1902, Hans Berger comenzó su estudio de las ondas cerebrales con perros. En 1920, empezó a estudiar el *EEG* humano y empleó una técnica nueva, no invasiva. Por los años 1924 logró registrar los primeros trazos. Este psiquiatra austriaco, detectó el fenómeno, al pegar dos pequeños trozos de pan de plata sobre el cuero cabelludo de su propio hijo de 15 años y conectarlos a un galvanómetro. Observó que la aguja le marcaba un ritmo regular. Después fue capaz de grabar en un rollo de papel las oscilaciones de una aguja. Así comprobó la regularidad de las oscilaciones. Berger continuó sus exploraciones trabajando con otras personas. Identificaba dos tipos básicos de actividad de ondas cerebrales para los humanos. Las llamó *ritmos Beta y Alfa*. Incluso llegó a insinuar que el estado mental guardaba directa relación con estas señales. Pero su carácter, extremadamente reservado, hizo que Berger no publicara sus primeros *EEGs* hasta 1929 (Berger, 1929). Y se sintió profundamente decepcionado cuando su importante obra fue ridiculizada o ignorada durante varios años más (Cade, and Coxhead, 1987). En 1934, un eminente y famoso fisiólogo inglés, E. D. Adrian (1934a), retoma el tema y anuncia la confirmación de los hallazgos de Berger. Por toda Europa se llega a hablar del nuevo fenómeno. El tema de la *Ondas Cerebrales* se populariza. Son los años del desarrollo de la radio, artefacto nuevo y misterioso. Los charlatanes aprovechan también el tema y se hacen cabalas. Se promete poder llegar a captar esas ondas cerebrales e, incluso, se especuló que por ese medio se llegaría a leer el pensamiento.

Pero la realidad tecnológica se impuso a los charlatanes. Los investigadores se encontraban desvalidos para captar las señales de millones de células y, mucho más aun, para descifrar tantas señales.

En aquellos años, lo que hoy ha llegado a llamarse *Neurometría*, empezó a emplear unos *dispositivos* concretos. La técnica inicial para captar y registrar una imagen '*satisfactoria*' exigía

- Colocación de gran cantidad de electrodos fijados al cráneo,
- cada uno detectaba ritmos determinados en áreas concretas,

- cada trazo grabado en el papel representa la '*signatura*' eléctrica de esa zona.

Así pues, mediante el empleo de gran cantidad de electrodos, colocados contra el cráneo, se empezaron a detectar las *ondas eléctricas* y a *graficarlas* en forma de líneas dentadas, valiéndose para ello de papel milimetrado y de agujas o plumillas de tinta. Los primeros datos dejaron asombrados a muchos investigadores y confusos y dubitativos a no pocos. Pero eran los comienzos.

Las primeras *tareas* que aprendieron pronto los investigadores eran las de colocar bien los electrodos en todas las partes del cráneo de los sujetos (Jasper, 1958a). Se empezó a notar muy pronto que cada zona del cerebro producía líneas dentadas distintas por su frecuencia y su amplitud. Estas primeras diferencias suscitaron muchas preguntas. Una de las primeras fue metodológica. Dichas preguntas exigieron, a su vez, nuevas respuestas. Por eso se fueron programando los primeros trabajos experimentales.

De esos primeros experimentos se consiguieron los primeros *resultados* que resolvieron poco y crearon aún mayor confusión. Las enormes tiras de papel milimetrado, a simple vista, aparecían como un montón de garabatos totalmente indescifrables. Su análisis resultaba tremendamente difícil. No obstante, y aunque con gran dificultad, se empezó a ver alguna luz, a pesar de la complejidad y dificultad de aquellas gráficas. Conseguir una razonable interpretación se les hacía de alguna manera posible.

Así, analizando, se encontraron:

- Muchos trazos, que mostraban un diseño común, un patrón similar;
- unos aparecían como imagen especular de otros;
- los había que parecían emigrar de unos puntos a otros; y
- los había totalmente diferentes, aunque los electrodos estuvieran juntos, a milímetros de distancia;
- en ciertas zonas extensas, se mantenían ritmos idénticos;
- observaron pronto, que en cada gráfica se incrustaban también muchos '*ruidos*' electromagnéticos, que definieron como ondas aleatorias generadas por los músculos del cuero cabelludo.

La obscuridad y el desánimo perduraban, obligando a muchos a abandonar el tema y dedicarse a otro tipo de investigación.

Las *primeras conclusiones* fueron desconcertantes y en ellas se vio implicado, en primer lugar, el campo de la instrumentación. Era todo tan complejo y tan difícil que se dieron cuenta que los aparatos que manejaban dejaban mucho que desear. La opinión era unánime: Eran muy imperfectos. Descubrieron que en las gráficas aparecían mezclados cantidad enorme de '*ruidos*' y '*parásitos*', unos provenientes de los mismos aparatos eléctricos, y, otros, de las ondas eléctricas de los músculos del cráneo. Se les impuso un nuevo reto: Purificar esas gráficas de elementos no deseables. Pero a pesar de las dificultades, la nueva línea de investigación terminó por afianzarse. A ello contribuyó, enormemente, la rápida generalización de un nombre: el *EEG*. Con la popularidad, el *EEG* experimentó un desarrollo inusitado. Y con el desarrollo y la mucha y variada experimentación llegaron, por fin, las *primeras interpretaciones*. Al principio fueron muy elementales, rudimentarias y limitadas al análisis de gráficas aisladas. Realmente se sentían incapaces aún para interpretar la información suministrada por *EEGs múltiples*. Digno de ser mencionado fue el intento del inglés W. Grey Walter, durante la 2ª Guerra Mundial, en el *Burden Neurological Institute*. Desarrolló el primer instrumento práctico para hacer un análisis de frecuencia automático de cortos segmentos consecutivos, cada uno limitado, arbitrariamente, a diez segundos. El *Analizador Walter*, nombre con el que se conoció desde entonces, registraba la amplitud media

relativa de cada frecuencia, respecto a todo el periodo integrado, pero no indicaba la secuencia temporal en que ocurren las frecuencias.

Otro dato importante, que puede ayudar a comprender el desarrollo histórico del EEG, y que se usó para su análisis e interpretación, fue la técnica llamada del *Control Fótico*, descubierta a principios de la década de los 40. Esta técnica, combinada con el instrumento de Walter resultó útil. Según esa técnica, podían conseguir la sincronización de la frecuencia característica del EEG humano. Bastaba con mantener al sujeto mirando a una luz centelleante. Poco después se descubrió que pueden inducirse ataques epilépticos en algunos pacientes, ya epilépticos, mediante destellos de algunas frecuencias específicas.

El *Analizador Walter*, primitiva forma de computación, fue por aquella época el método más simple y más práctico para obtener un espectro promediado de frecuencias en un trazado EEG.

Se popularizó también un nuevo modelo. Era la época del desarrollo de la *Telefonía* y de las grandes centrales telefónicas. En consecuencia, se imaginaban al *cerebro* como una enorme *central telefónica*. Las *ondas cerebrales* no eran, según dicho modelo, sino la suma aleatoria de los impulsos eléctricos de las neuronas. El EEG, en consecuencia, no era más que el ruido combinado de muchas neuronas individuales. Los registros que se llevaban a cabo serían como una especie de pinchazo telefónico que captara muchas llamadas telefónicas a la vez.

La investigación prosiguió, y se trabajó con la aplicación práctica de los nuevos hallazgos. ¿Por qué no usar el EEG, se preguntaron, en la detección de enfermedades cerebrales? Y con modelo o sin él, gustara o no gustara, el EEG se reveló pronto como un instrumento típico para la detección y diagnóstico de ciertas enfermedades cerebrales como la *Epilepsia*.

3.1.1.2. 'EEG' y 'Ondas Cerebrales'

Los investigadores posteriores a Berger, además de los patrones Alfa (α) y Beta (β), identificaron otros tipos de ondas cerebrales. Continuaron nombrándolos con letras del alfabeto griego: *Delta*, *Zeta*, *Kappa*, *Lambda*, *Mu*, *Gamma*... Algunos añaden a estas los '*Complejos K*', y las '*Espigas del sueño*', propios del EEG del sueño.

Estas variaciones rítmicas están continuamente presentes en la superficie del cuero cabelludo. La ausencia del EEG, durante 24 horas, se ha empleado como indicador de '*muerte cerebral*'. Estos ritmos y sus distribuciones de patrones específicos crecen y menguan, y son los que suministran al investigador cerebral y también al clínico, un registro constante de los cambiantes patrones de la actividad del cerebro. Estos patrones constantes se llaman '*Encefalogramas*' (EEG), normales. Se distinguen, así, de las formas de ondas del EEG discreto, que o bien siguen a una estimulación concreta o preceden y acompañan a la acción (Stern, Ray, and Davis, 1980, pp.83-84).

Los patrones de ondas más fiables, identificados por letras griegas, y, además, los más citados en los diversos estudios publicados, con sus características (Andreassi, 1980), son:

Ondas Alfa (α)

Es una onda rítmica que abarca desde los 8 a los 13Hz. Su intensidad suele oscilar entre 20-60 μ V. Este tipo de ondas la puede producir casi cualquier persona. Para conseguir este estado, de '*relajado*', se necesita, al menos, proponérselo, sentarse o tumbarse tranquilamente en posición de relajación, cerrar los ojos, e intentar dejar la mente en blanco. El no esforzarse en conseguir esta última condición, explica muchas veces que algunas personas no sean capaces de producir ondas alfa. Se sabe que cualquier actividad mental o física, en esos momentos de ojos cerrados, puede hacer que disminuya la intensidad o incluso desaparezca, y

el cerebro pase a producir ondas beta, que son ondas de frecuencias más alta y en consecuencia, de baja amplitud, y que se corresponden con el estado y situación de *'excitado'*. Los *ritmos Alfa* se pueden detectar en cualquier zona cerebral. Sin embargo, su amplitud no es tan uniforme. Varía de unas zonas a otras. Las mayores amplitudes se registran en las zonas posteriores del cráneo, van decreciendo conforme se avanza por él, y es casi irreconocible en las áreas frontales del cerebro.

Ondas Beta (β)

Son un tipo de ondas irregulares. Las variaciones de frecuencia, de bajo voltaje, oscilan entre 14 y 30 Hz. Su amplitud típica se manifiesta entre 2 y 20 μ V. Es un patrón propio del *'estado de alerta'*. Nuestro cerebro las produce cuando estamos *'despiertos'*, y realizando alguna actividad mental o física. También son ritmos, como los alfas, que están distribuidos por todo el cuero cabelludo. En realidad, son ritmos muy difusos. Presentan su máxima amplitud en las zonas precentrales y frontales del cerebro.

Ondas Delta (δ)

Son ondas que se manifiestan con una frecuencia baja, entre 0.5 y 3.5 Hz. Su amplitud puede oscilar entre 20 y 200 μ V. En sujetos normales se producen solamente cuando están profundamente dormidos, en *'sueño profundo'*. Cuando se detectan en sujetos despiertos lo normal es pensar que sean indicadores de algún tipo de anomalía general.

Ondas Zeta (θ)

Es un ritmo cerebral mucho menos frecuente. Su frecuencia va desde 4 a 7 Hz. Su amplitud puede oscilar entre 20 y 100 μ V. Son, entre todos los tipos de ondas, los más esquivos y difíciles de registrar. Marcan el *'paso de la vigilia al sueño'*. Los registros EEGs normales de estas ondas son mucho más frecuentes en niños que en adultos. Walter (1953), manifiesta haber registrado este ritmo en jóvenes adultos, en situaciones de desagrado, de placer, o de somnolencia. Otros investigadores dicen haberlo registrado, también, en niños, mientras están tranquilamente mamando o tomando el biberón de manos de sus madres.

Ondas Kappa (κ)

Son ondas, en torno a 7-12 Hz. Suelen asociarse con actividades muy concretas como el estar pensando en tareas de gran dificultad. Los investigadores que las han detectado y analizado, declaran que hasta un 30% de las ondas, registradas en esas situaciones *'pensativas'* (Chapman, Armington, and Bragdon, 1962; Glanzer, Chapman, Clark, and Bragdon, 1964). La diferencia con las ondas alfa es más cuantitativa que cualitativa. Y no les afecta el trabajar con los ojos cerrados o abiertos. A las ondas alfa, en cambio, sí les afecta el estar con los ojos abiertos.

Ondas Lambda (λ)

Se viene hablando de ellas desde los inicios de los años 50. Estos ritmos o patrones EEGs se detectaron en el área visual. Suelen surgir como respuesta visual a un cambio de imagen en algunos objetos dentro del campo visual del sujeto. Se manifiestan en ondas de forma triangular. Su amplitud puede oscilar entre 20 y 50 μ V. Y suelen aparecer entre los 150-

250 milisegundos después de la estimulación que provoca el cambio de la imagen visual del objeto.

Ondas Mu (μ)

También se habla de estos patrones EEGs, desde comienzos de los años 50. Se manifiestan en forma de picos agudos, pero rondando en la porción negativa de las ondas. En los registros EEGs normales aparece hasta en un 7%. Se detectan con electrodos situados en la zona por encima de la cisura de Rolando. La frecuencia típica de estos patrones EEG, suele ser de 9-11 Hz.

3.1.1.3. 'EEG' e 'Informatización'

Siguieron empleándose los *electrodos* como *dispositivos* elementales adosados al cráneo, pero pronto se sumó otro dispositivo nuevo que transformó el mundo de los EEGs. Esto facilitó nuevas técnicas de registro, con electrodos implantados en el cerebro, sin anestesiarse, y dejados en él durante semanas o meses. Terminó así esta primera etapa.

Se adaptaron para la nueva necesidad, *ordenadores*, con programas, capaces de procesar EEGs múltiples. En octubre de 1960, el *Brain Research Institute of California*, celebró una Conferencia sobre la nueva problemática que se les presentaba a los investigadores con la aplicación de los ordenadores al análisis del EEG. Tuvieron en esa conferencia un papel relevante los mejores especialistas en el campo del EEG. En análisis armónicos: R. G. Bickford, W. G. Walter, J. R. Knott, H. G. Shipton; en técnicas correlacionales: J. S. Barlow, W. Storm van Leeuwen, W. R. Adey; en técnicas de promedios con los ERPs: M. H. Goldstein, A. Remond, G. L. Gerstein, en reconocimiento de patrones EEG: B. G. Barley; y en técnicas digitales: W. A. Clark. Como personajes estrellas de la conferencia actuaron W. G. Walter y W. A. Rosenblith (Brazier, 1961).

Con el ordenador como nuevo instrumento se lanzaron a:

- *filtrar* los ruidos aleatorios;
- *efectuar promedios* entre ellos: altos/bajos...;
- *discriminar y resaltar la actividad normal de la anormal*.
- *comparar* gran número de EEGs,

Y aún resultaba más útil cuando se diseñaron para trabajar '*en tiempo real*', mientras el sujeto estaba todavía conectado al aparato de registro y el investigador podía manipular las variables experimentales. Se comprobó enseguida que el *modelo del cerebro* quedaba ya desfasado. Se empezó a hablar ya de *campos electromagnéticos*. Los EEGs serían, ya desde entonces, el reflejo de potenciales lentos, graduales, producidos por los cuerpos de las células nerviosas. Se explicaba la naturaleza de esos campos con una imagen sencilla, rural y comprensible. Se imaginaron que los EEGs eran como el viento en un trigal que mece las cañas a derecha e izquierda, forma remolinos, se calma y vuelve a empezar. Esos potenciales, se creía, recorrían miles de millones de neuronas como cañas recorre el viento en el trigal, y de esa forma mueve grandes áreas cerebrales y hace que esas distintas áreas del cerebro:

- *sincronicen* sus potenciales de ondas,
- *vibren*,
- *resuenen* juntas... (Elul, 1972).

El mundo que se les abría a la investigación era inmenso. Y hubo investigadores que se lanzaron a descubrir ese nuevo mundo.

Cada *EEG*, según el nuevo y atractivo modelo, no era ya la simple acumulación de los impulsos de las neuronas individuales, sino distintos modelos de *campos electromagnéticos* cambiantes. Pues se suponía que esos grandes grupos de neuronas, que trabajaban o vibraban o resonaban juntas, formaban modelos que recorrían el cerebro, reforzándose mutuamente, interfiriéndose con otros, etc., como los vientos en el trigal (Hutchison, 1991).

Tareas: Los nuevos instrumentos, ya informatizados y con programas cada día más complejos, se afianzaba rápidamente, y se iniciaron con ellos nuevas líneas de investigación. Se lograron analizar pormenorizadamente miles de *EEGs* a la vez. Y, a partir de aquí, se buscaron *correlaciones* entre los *EEGs* y entre los diversos *procesos cognitivos*.

Resultados: Surgieron inmediatamente nuevos resultados. Con ellos se comprobó que los *pensamientos*, las *percepciones*, etc., de alguna forma, aún desconocida, generaban campos electromagnéticos cambiantes, confirmando muchas de las teorías derivadas del nuevo modelo y suscitando muchas otras teorías nuevas. Se empezó a atisbar que, en el hombre, se podía estudiar la relación de la actividad eléctrica con la conducta y, aún más sugestivo, con la experiencia subjetiva.

3.1.1.4. 'EEG': Primeros Proyectos de Investigación

Después de un estudio instrumental muy apreciable y de un desarrollo casi exhaustivo del *EEG*, en consonancia con las posibilidades técnicas, apoyados ya en los nuevos Ordenadores y la Informática, se lanzaron a desarrollar *Proyectos de Aplicación* de los nuevos conocimientos. Durante un largo periodo se dedicaron al ritmo observable en el sujeto en estado de reposo y con los ojos cerrados. Pronto dieron un paso más: De observar la máquina en reposo, desviaron su atención a la máquina en funcionamiento, y observaron cómo responde el cerebro ante diversos estímulos.

Utilizaron muchos tipos de estimulación: Sonidos, olores, destellos luminosos, tacto, etc. Registraban las respuestas cerebrales, captadas con electrodos de superficie y colocados en zonas profundas. Y apareció una especie de fantasma: Los '*ruidos*', que les enmascaraban las respuestas específicas. Para evitar esos ruidos probaron a anestesiarse a los sujetos. Los electrodos detectaban estructuras neuronales de un espacio inferior a un milímetro.

Los métodos desarrollados para incrementar la razón señal/ruido consistieron en conectar el ordenador a un gran número de respuestas, de varias decenas a varios cientos, y calcular una respuesta promedio. Esta sería la señal característica provocada por un estímulo dado.

Y así, el *EEG* se reveló, por fin, como un buen instrumento para:

- *Detectar* enfermedades cerebrales: Tumores, lesiones, epilepsia, y otras muchas anomalías...
- *Fijar el momento exacto* de la *muerte*: Empezó a surgir la necesidad de los trasplantes y de las donaciones de órganos. Determinar ese momento de forma cabal, se demostró de vital importancia.

Resultados: Tras el empleo de la '*informática*' en el estudio del *EEG*, y el análisis de los resultados empezaron a aclararse algunos puntos no claros hasta entonces.

Se descartaron, por desfasadas y alejadas de la realidad, ciertas creencias muy enraizadas. En su lugar se abrían paso otras nuevas, apoyadas en los nuevos conocimientos. Así, se proclamó que:

- el EEG no era un fenómeno que emergía de la suma aleatoria de impulsos nerviosos (eléctricos) individuales;
- el EEG era la consecuencia de 'potenciales eléctricos', lentos, graduales, y no según el modo de 'encendido' y 'apagado', y generados por los cuerpos de las células nerviosas;
- como fruto de esos potenciales 'fluyentes' surgía la inducción de fenómenos cerebrales tales como la sincronización de vastas áreas neuronales y otros fenómenos...

3.1.1.5. Fijación de las Técnica de la Medición del EEG

La forma más apropiada para detectar y registrar la actividad cerebral, el EEG, se suele hacer mediante la colocación y fijación de electrodos sobre el cuero cabelludo. Por descontado que la amplitud de la señal detectada sería más intensa, si los electrodos se colocaran y fijaran en la superficie del córtex (*electrocorticograma*), mediante una complicada técnica invasiva. La amplitud de la señal captada a través del cuero cabelludo es mucho más atenuada, pues tiene que traspasar, no sólo la dura madre, sino, además, el líquido cerebro-espinal, el hueso del cráneo, y la piel del cuero cabelludo, antes de ser captada por el electrodo. Esa disminución en la amplitud se puede comprender mejor, sabiendo que la señal del electrocorticograma suele medirse en milivoltios. En cambio, en el cuero cabelludo, la señal se registra en microvoltios. El uso del electrocorticograma apenas aparece en estudios publicados. Los registros más comunes son los que se realizan en forma de EEG, con electrodos fijados a la superficie del cuero cabelludo. Esto exige en los circuitos electrónicos una gran sensibilidad y, además, una gran potencia de amplificación.

Tipos de electrodos

Los electrodos no tienen que ser muy grandes. Los más comunes suelen tener entre 6-8 mm de diámetro. Se aconseja emplear los más fáciles de colocar y fijar. Conviene untar el electrodo, previamente y de forma muy cuidada, con pasta conductora, para evitar poros. La fijación puede hacerse con cinta de pegar o con una banda elástica. La forma del electrodo elegido suele aconsejar la técnica más apropiada para fijarlo. El cable de referencia suele fijarse, con un clip, a la oreja o a la nariz. Conviene también limpiar previamente la zona, y usar pasta conductora para hacerlo. La resistencia entre electrodo y el punto de referencia se mide en ohmios (Ω). Los aparatos vienen ya provistos para realizar, previamente a los registros, la comprobación de que la resistencia en los puntos preparados esté por debajo de los $5K\Omega$.

En ciertas circunstancias habrá que fijar un electrodo de tierra. En estos casos suele fijarse en el lóbulo de la otra oreja o en la zona mastoidea detrás de la oreja.

Un contacto apropiado y una correcta fijación no evitan siempre los llamados 'artefactos', pero pueden contribuir a que disminuyan. Surgen dichos artefactos cuando el sujeto, mueve excesivamente o tensiona los músculos, de la frente, de las mandíbulas o simplemente parpadea. Una buena recomendación es informar a los sujetos de lo que son los artefactos, y pedirles que eviten tales movimientos o tensionamientos.

Los electrodos más comúnmente empleados suelen ser de material de plata. Los electrodos activos se fabrican en forma de pequeñas discos cóncavos y los de referencia suelen ser planos y/o en forma de pinzas. Otros materiales también dan buenos resultados.

Actualmente se comercializan electrodos en forma de pegatinas, y desechables, que aunque caros, dan muy buenos resultados y se emplean mucho.

Señalización de puntos para la colocación de los electrodos

La colocación de los electrodos exige la señalización del lugar y la preparación previa de la zona de registro. La preparación suele hacerse limpiando y tratando con una gasa impregnada en alcohol la piel de la zona elegida con el fin de eliminar las capas de piel ya degradadas y muertas. Se aconseja hacerlo con suavidad, pues hay pieles muy sensibles y se pueden provocar irritaciones molestas.

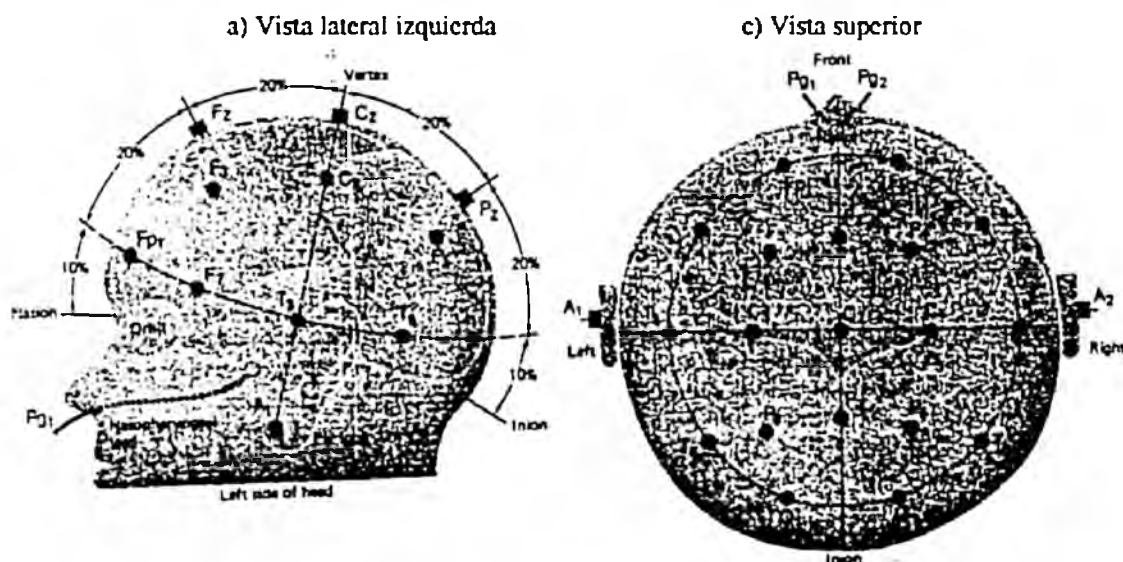
La guía clásica para la colocación de los electrodos está fijada desde los años 50, con el sistema 10-20, diseñado por la *Federación Internacional del Área* (Jasper, 1958b). La *Figura 3.1.1* puede ilustrar esa guía común de señalización de puntos de colocación de los electrodos para el registro del EEG. El sistema se llama 10-20, por ser la proporción empleada para la señalización de los distintos lugares, a partir de unos puntos de medición iniciales.

Lo primero que recomienda la guía es el trazado de una línea longitudinal media, que vaya desde el punto central del puente de la nariz (*nasion*), hasta la protuberancia occipital (*inion*), y otra línea, anterior-posterior lateral, que vaya desde el punto F_p al O_z .

Marcados esos dos puntos iniciales, y sobre la línea media, se procede a señalar los puntos F_p y O_z . Se marcan a una distancia que sea el 10% de la distancia total entre *nasion*-*inion*. A partir de esos puntos, y entre esos dos puntos extremos, se van señalizando los puntos F_z , C_z y P_z . Se marcan a una distancia que sea el 20% de la distancia total *nasion*-*inion*. El punto C_z va sobre la zona central, en el lóbulo central, y los puntos F_z y P_z en las zonas frontal y parietal. Los puntos O_1 - O_2 y F_{p1} - F_{p2} se señalan, sobre la línea anterior-posterior, a una distancia de un 10%, a partir de F_p y O_z . Los otros puntos en esta línea, O_z - P_p , anterior-posterior, T_3 , T_5 , T_7 , se señalan a un 20% de distancia uno de otro. Y así se procede con los demás puntos del otro hemisferio. La *Figura 3.1.1* es suficientemente expresiva.

Otra indicación: Las letras de los puntos del lóbulo derecho llevan subíndices numéricos pares, y los del lóbulo izquierdo, impares. Los de la línea central *nasion*-*inion*, llevan el subíndice 'z', excepto el F_p , que lleva el subíndice 'p'.

Figura 3.1.1. Sistema Internacional 10-20 de señalización para colocación de los electrodos
(Adaptado de Stern, Ray y Davis, 1980, p. 90)



Esta aparentemente sencilla operativización de la señalización de puntos de registros ha resultado muy positiva. Ha facilitado una referencia común para todos los investigadores, cuando realizan y comunican sus investigaciones. También posibilita que se puedan adaptar al tamaño y forma del cráneo de cada sujeto. Además, con este sistema quedan contemplados los cuatro lóbulos del cerebro.

Técnicas de registro

Definido el sistema de señalización de los puntos de colocación, quedan por reseñar las técnicas más comunes empleadas para registrar el EEG. Suelen ser éstas dos. La técnica monopolar y la bipolar.

Método Monopolar

Esta técnica consiste en colocar correctamente sólo un electrodo activo en la piel del área de interés, por ejemplo, en la zona visual, o en la parietal. El otro electrodo, llamado de referencia, se coloca en una zona considerada inactiva, respecto a la zona o área activa. Lo más común es que sea el lóbulo de la oreja o la nariz. Algunos autores aconsejan que estos electrodos de referencia se coloquen en zonas del cuerpo más inactivas aún que las enunciadas, nariz o lóbulo de la oreja, como podrían ser el pecho o la espalda. Pero esta colocación también tiene sus pegs, sobre todo si el sujeto no está muy quieto y relajado. Ya que si eso no es así, se podría captar una cierta actividad muscular, en forma de '*artefactos*'.

Método Bipolar

Para aplicar esta técnica es necesario colocar y fijar, al menos, dos electrodos activos. Los cables bipolares registran en cada instante la diferencia o la suma algebraica de los potenciales eléctricos debajo de las dos regiones. Algunos investigadores propugnan el empleo exclusivo de esta técnica frente a cualquier otra. Razonan que se evitan con ella algunos de los problemas que supone la elección de un área inactiva de referencia, inherente o propia y obligada, en la técnica de los registros monopolares.

Pero también tiene sus pegs. Los registros bipolares tienen las desventajas de producir registros de una actividad combinada en dos localizaciones.

Con fines clínicos, es decir, el registro del EEG para detectar anomalías cerebrales, la interpretación de los registros EEG requiere la comparación de datos obtenidos de electrodos colocados en lugares simétricos (es decir, de dos electrodos en el área frontal derecha comparados con dos del área frontal izquierda). La presencia o ausencia de simetría en los dos trazos puede tener significación clínica. Pero no sólo se usa esta técnica con finalidades clínicas. También suelen usarse registros bipolares en investigaciones con finalidades distintas de las clínicas.

Cuando la evaluación clínica requiera la aplicación de un gran número de electrodos sobre todo el cuero cabelludo, tal vez, lo más aconsejado sería usar electrodos tipo aguja. Estos se colocarían bajo la piel del cuero cabelludo. De esa manera se conseguiría disminuir la resistencia de la piel. Pero tratándose de personas no resultaría tan confortable como el uso de electrodos de superficie. Los técnicos aseguran que cuando hay que colocar y fijar 20 o 30 electrodos, los electrodos de aguja ahorran mucho tiempo.

3.1.2. SEGUNDA ETAPA. DESCODIFICACIÓN DEL 'EEG': DESCIFRANDO UNO DE LOS LENGUAJES DEL CUERPO (Años 60 en adelante)

Para muchos investigadores el estudio del cerebro, en la línea del *EEG*, se presentaba como sumamente atrayente y de unas perspectivas incalculables, y rozando casi lo misterioso.

3.1.2.1. Instrumentación Básica

Establecido que el cerebro empleaba uno de sus lenguajes, el siguiente paso tenía que proponerse como tarea la decodificación de su código. Esto se veía como posible, gracias a la ayuda de potentes y rápidos ordenadores, capaces de registrar y analizar, en tiempo real, miles de datos. Combinado este instrumento con los nuevos equipos electrónicos micro-miniaturizados, las posibilidades de análisis se ensanchaban de forma inimaginable hacia tan solo algunos años antes. Esta combinación era algo así como someter al *EEG* a un microscopio electrónico. En la actualidad, a todo este bagaje instrumental se han sumado las técnicas de la neuroimagen. Estas avanzadas técnicas dan la posibilidad de estudiar, por dentro, la estructura del cerebro y su funcionamiento. Y a todos estos avances instrumentales se han ido añadiendo una serie de investigaciones, increíblemente tenaces e ingeniosas, que vienen abordando el tema desde puntos de vista aún más increíblemente sorprendentes.

3.1.2.2. 'EEG' y 'Conducta': Un acercamiento a uno de los lenguajes del cerebro

El tema es muy amplio. Los estudios hechos han discurrido por apartados como la sensación, la atención, la percepción, el sueño, el condicionamiento, y el EEG. Sería muy largo entrar en todos esos apartados. Como más significativos para la contextualización que se pretende, se van a reseñar, brevemente, algunos estudios, considerados los más relevantes, en torno a las relaciones entre EEG y condicionamiento (Stern, Ray, and Davis, 1980).

Condicionamiento Clásico

Shagass (1972), revisó los estudios hechos hasta ese año. Según el revisor, en ellos quedaba probado que se podía producir el condicionamiento de las respuestas EEGs: Tras emparejar estímulos condicionados e incondicionados, podían observarse cambios en los patrones EEGs, en varios lugares del registro, con las solas presentaciones del estímulo condicionado. Shagass dedujo que por los datos estudiados en su revisión el condicionamiento podía jugar un importante papel a la hora de determinar el patrón EEG de un sujeto y que, además, ciertas características EEGs, más o menos permanentes, por ejemplo, el *índice Alfa*, podían verse afectadas por el condicionamiento (Andreassi, 1980).

Pero esta línea de investigación no se ha desarrollado mucho con humanos. El condicionamiento operante, en cambio, fue siempre, y ha sido objeto de muchas más investigaciones.

Condicionamiento Operante

Se han publicado muchos informes sobre condicionamiento operante con el EEG: Un estímulo o una recompensa es contingente a la producción, por parte del sujeto, de un patrón EEG concreto. Muchos de estos estudios se han desarrollado en el contexto del entrenamiento

con biofeedback (BFT). Aquí se van a reseñar solamente algunos estudios que demuestran el condicionamiento operante de alguna actividad fisiológica muy concreta.

En este campo, el pionero fue Joseph Kamiya. Él fue el primero en demostrar que el ser humano es capaz de ejercer control sobre su actividad EEG (Kamiya, 1968; 1969).

Poco después de estos primeros trabajos, Nowlis y Kamiya (1970), investigaron el control de la actividad EEG Alfa y del estado mental asociado con él. Este estudio es clásico en el área. Su muestra de sujetos fue pequeña, de 26 personas. Les dividieron en dos grupos. Los registros se les efectuaron en zonas occipitales, centrales y frontales. La señal fue un tono simple, que oían cuando lograban ritmos alfa de 20 μ V de intensidad. Tras este entrenamiento se les pidió, a un grupo, que intentara mantenerse en ese estado, y al otro, que procurara suprimirlo. Ambos grupos tuvieron éxito y ejercieron un control diferencial sobre la producción alfa. Es clásica también, la verbalización hecha por los sujetos de la sensación de su estado mental, percibido tras ese control. Los del primer grupo, tras la sesión, lo describieron como de 'relajación', de 'dejarse llevar', de 'flotar', 'con sensaciones de placer', 'con seguridad'. El otro grupo con la consigna de supresión del estado alfa, asoció la sensación percibida, como de 'tensión', y de 'agitación'. Alguno, tanto de un grupo como del otro, ni supieron verbalizar cómo habían conseguido el control.

Ese mismo año, (1970), Barbara B. Brown, demostró que sus sujetos eran capaces de aumentar, también, la actividad alfa, señalizada con una luz azul. La instrucción que se les dio fue simplemente de 'relajación' o 'concentración en imaginación mental'. Y también pidió a sus sujetos que verbalizaran las sensaciones percibidas en tal estado. Quienes lo describieron como de 'pérdida de conciencia', 'como en las nubes', o 'flotando', mostraron en su EEG, en general, una cantidad mayor de actividad alfa.

Y como no siempre se va a tener a mano una luz o un sonido que avise del estado mental en que se encuentra el sujeto, se planteó a ver si sería posible producir dichos estados mentales sin necesidad de la luz o el sonido.

Y fue Beatty (1972), quien demostró, confirmando los anteriores resultados, que era posible tal condicionamiento con señal, pero también si se instruía convenientemente a los sujetos sobre la naturaleza de la actividad alfa y beta, y sobre la sensación del estado asociada con ellos. Si no se usaba una luz o un sonido, ni se les daba este tipo de instrucciones, ningún sujeto conseguía la regulación del estado alfa. Y ese mismo año, también Beatty, esta vez junto con Kornfeld, (1972), descartaron, con su nuevo estudio, la posibilidad de asociación entre condicionamiento EEG y cambios en ritmos cardíacos o en la respiración.

Y no sólo se ha investigado con el ritmo alfa. También hay estudios sobre el entrenamiento en la actividad Zeta. Beatty y sus colegas (1974), demostraron que era posible el entrenamiento de la actividad Zeta. 12 sujetos de su muestra fueron capaces de suprimir la banda de 3 a 7 Hz de la actividad EEG, con la simple instrucción de hacerlo así. Otros 7 sujetos ejercitaron la habilidad para incrementar tal actividad.

3.1.2.3. Las 'Respuestas Evocadas'

Había por estas fechas, años 60, un laboratorio que se destacaba sobremanera por el estudio del EEG. Era el laboratorio de *Biología Espacial* del *Instituto de Investigación Cerebral*, de UCLA. Los científicos de este *Instituto* hacían pasar las ondas cerebrales de un chimpancé por el análisis de una computadora. Llegaron así a descifrar si ese mono llevaría a cabo una operación u otra. Llegaron a predecir, basados en los análisis de sus EEGs, si un gato estaba aprendiendo o no las enseñanzas; si una persona tenía miedo, estaba ansiosa, o si ciertas preguntas le causaban shock; si esa persona estaba durmiendo, simulando o simplemente pensando. Una de las claves de este

inicio de decodificación la aportó el estudio de lo que se llamó o se acuñó como las '*Respuestas Evocadas*', o el estudio de los '*Potenciales Evocados*': Respuestas que el cerebro elaboraba ante ciertas señales o estímulos específicos, tales como una luz, un flash, un sonido, o mientras se estaba resolviendo un problema. Se pensó que esto era más creativo que analizar las laberínticas ondas cerebrales de sujetos en reposo.

En los análisis se descubrió que los *potenciales evocados* o *potenciales relacionados con evento* (PEs), eran ondas características por su forma, y que el cerebro las emitía tras asimilar o procesar un suceso '*interno*'. Con este estudio esperaban poder vincular ciertos *patrones* de respuesta a determinadas situaciones, y después identificarlas, siempre que aparecieran, a la manera como se identificaban los códigos de un idioma o un lenguaje cualquiera.

A través de los PEs, los científicos fueron constatando la existencia de uno de los lenguajes más complejos que jamás se hayan tratado de descifrar. Dicho lenguaje era corto, pero muy complejo en su vocabulario y fraseología. Pero, aún así, barruntaron que podía ser de enorme utilidad y, tal vez, podrían llegar a constituirse en una herramienta sumamente versátil del futuro diagnóstico en las pérdidas de audición, en los déficits visuales, en las lesiones somatosensoriales... (Picton, and Hink, 1974).

Los PEs pudieron ser clasificados aproximadamente por el *tiempo* en que tardaban en aparecer, tiempo durante el cual permanecían latentes, y por su *polaridad*. Esto tenía su explicación, ya que se descubrió que los estímulos sensoriales llegaban al córtex por rutas simples, con pocas sinapsis; generalmente '*evocaban*' sus respuestas en dos décimas de segundo. Pero había potenciales, inducidos por procesos más complejos, que producían ondas de mayor periodo latente, y estos eran aún más difíciles de interpretar. En cuanto a los nombres de los ERPs se encuentran dos formas de nombrarlos. Por ejemplo, el P300, que abarca componentes positivos o negativos que se presentan entre 250-550 mseg, se le llama también P3. Es un potencial de latencia muy amplia. El hecho de que algunos investigadores prefieran nombrarle como P3, es porque no quieren imponer una latencia especial. Por eso se pueden encontrar en las diversas publicaciones una notación u otra: P300, o P3; N100, o N1.

Suelen conocerse por el acrónimo *ERPs* (*Even-Related Potentials*). Los potenciales relacionadas con evento (ERPs), incluyen las Respuestas Evocadas, y los Potenciales Lentos, con los *Potenciales de Preparación* y las *Variaciones Negativas Contingentes* (CNVs). Por lo general su amplitud es menor que la de los EEGs espontáneos, y por tanto, no son frecuentemente discernibles en registros brutos o no tratados. Su análisis requiere registros y procedimientos de tratamiento especiales. Esta es la razón por la que el EEG espontáneo y los ERPs se estudien de forma separada.

Respuestas Evocadas:

Visuales: Las variaciones de voltaje pueden registrarse con un electrodo fijado en la zona posterior del cerebro y el otro en el lóbulo de la oreja. Ante un flash de luz, y con esa disposición, se puede registrar una pequeña desviación positiva (menos de 1 microvoltio), tras 40 mseg. Esta respuesta inicial va seguida de una amplia variación negativa que tarda en aparecer entre 10 y 30 mseg más, y llega a un pico a los 60 mseg después del flash. Ese patrón sigue a cualquier flash, es predecible y puede acentuarse ante flashes constantes. Es precisamente a esa sucesión de formas de ondas a lo que se llama '*respuesta visual evocada*'. Esta respuesta se detecta con una máxima amplitud en la zona occipital, y está mucho menos distribuida que la mayoría de los ritmos espontáneos.

Auditivas: Un sonido agudo, con seguridad produce una '*respuesta evocada auditiva*'. Se registra en su máxima amplitud sobre el vértice del cerebro. Suele estar totalmente ausente

en la zona occipital. Cuando los sonidos son discretos, con un electrodo sobre el cuero cabelludo, se pueden ir registrando desde el tronco cerebral hasta el vértice. A estos registros se les llama *'respuestas evocadas del tronco cerebral (BSERs)*, una onda distinta, de voltaje positivo, que refleja cada nivel de actividad neural, conforme los efectos del estímulo se mueven a través del cerebro.

Potenciales Lentos

Potenciales de Preparación (RP): Son otra forma de los ERPs. Consisten en potenciales lentos que preceden y acompañan al movimiento y a otras actividades. Con un electrodo fijado en las zonas centrales del cerebro, se puede empezar a registrar un patrón EEG reconocible a los 1.5 mseg antes de que empiece el movimiento. El electrodo central se convierte en crecientemente negativo, hasta que, unos milisegundos antes de que se produzca el movimiento, se da frecuentemente una ligera pendiente positiva en la onda, seguida de una brusca pendiente negativa, que finaliza simultáneamente con el comienzo del movimiento. El comienzo del movimiento va acompañado de una amplia desviación positiva y de una recuperación de la línea base original. Este complejo de formas de ondas se encuentra uniformemente distribuido. Esa negatividad que aparece, o *'potenciales de preparación'*, es máxima en el vértice mientras que la desviación negativa pequeña es máxima en el vértice contralateral a la parte del cuerpo que se mueve (Kornhüber, and Deecke, 1965).

Variación Contingente Negativa (CNV) Es otro de los potenciales negativos lentos. Esta onda es similar en amplitud, desarrollo y distribución al potencial de preparación. Existe, incluso, polémica respecto a su distinción. No obstante, el CNV ocurre típicamente entre una señal que sirve de aviso y otra señal que instruye al sujeto para responder (Walter, Cooper, Aldridge, McCallum, and Winter, 1964).

Como muestra de la *clasificación* hecha, se puede enumerar algún tipo de estos *'potenciales'* y sus características

- **ONDA P300**: Ondas de polaridad positiva (P), y *300 milisegundos de latencia*. Es la onda característica de la *sorpresa*, llamada así porque se presentaba en respuesta a cualquier estímulo que se discriminara como importante. Se descubrió que el cerebro estaba estructurado para prestar atención a los estímulos sorpresa con una mayor intensidad que cuando estos estímulos son repetitivos. Fue descubierta por Samuel Sutton, del *New York State Psychiatry Institute*.

Hipotetizaron que la *onda P300*, tal vez estuviera relacionada con el proceso de toma de decisiones acerca de la naturaleza del estímulo y el grado de atención que precisa. En consecuencia, cuanto más inesperado fuera el estímulo con mayor intensidad se registraría la *Onda P300* (Sutton, Braren, and Zubin, 1965; Sutton, Tueting, Zubin, and John, 1967; Friedman, and Cruder, 1992).

- **ONDA N100**: *Latencia de 100 milisegundos* y polaridad negativa (N). Se *hipotetizó* que estaba relacionada con la *atención selectiva*. Evocaba el proceso por el cual decidimos a cuál de los estímulos, entre el conjunto de los todos los que recibimos, prestamos atención.
- **ONDA N400**: Hace referencia a un tipo de onda que aparece tras el proceso de *escuchar una frase determinada* en la cual se halla intercalada una *palabra* cuyo significado detectamos que es *incompatible con el sentido de la frase*, o deducimos que

resulta absurda en ese contexto. Un ejemplo de lo enunciado podria ser, la palabra electricidad, en la frase '*Se bebió una copa de electricidad con ginebra*'

Una frase normal, evoca un modelo o patrón de reconocimiento tambien considerado normal

Descubierta y analizada por Marta Kutas, *Universidad de San Diego*, y Steven Hillyard. Segun estos investigadores esta onda refleja un proceso cerebral, que consiste en *buscar sentido* a lo que entendemos por '*sin sentido*'. Surge esta onda, no ante errores gramaticales, sino como evocacion de la imagen mental que nos formamos al leer u oir algo tan extraño como '*tomar un trago de electricidad*' (Kutas, and Hilyard, 1980)

El estudio de los *potenciales evocados* hizo posible el descubrimiento de que existian distintos *patrones* para las distintas operaciones mentales. A partir de aqui, la investigacion toma los caminos muy despejados y muchos se animaron a proseguir en esta linea de investigacion

3.1.2.4. *Planes Experimentales: La Neurometria*

Se podrian citar muchas investigaciones concretas que han empleado el *EEG* como elemento base, tanto el espontaneo, como en la version ERP. Algunas son tremendamente ingeniosas y llegan a conclusiones realmente asombrosas. Dada la finalidad de la presente investigacion veamos como boton de muestra algunas de las que mas pueden ilustrar la *contextualizacion* de nuestro trabajo, que es la de los *aparatos megabrain*, o '*Maquinas de Mente*'

3.1.2.4.1. '*ERP*' y '*Estados de Conciencia*'

El Dr. W. Ross Adey, era por esta epoca director del *Laboratorio de Biología Espacial*, de *UCLA*, y fue el impulsor de las investigaciones del funcionamiento del cerebro, a traves del *EEG* (Adey, 1964). Su objetivo, en sus primeros proyectos, fue el de '*identificar estados de conciencia, estados que pueden durar un segundo o menos, como sucede en la toma de una decision rapida*'. Las dificultades tecnicas con las que se enfrentaban eran enormes. Pero parece que los medios puestos a su alcance y al servicio de sus proyectos fueron enormemente generosos. Dispusieron de una muestra de 200 aspirantes a astronautas. La experiencia se llevo a cabo en *Houston*. Durante una hora, los sujetos se sentaban en el laboratorio y se les aplicaban tests concretos de '*Percepcion y Aprendizaje*', intercalados con '*Periodos de Descanso*'. Dieciocho electrodos, aplicados en otros tantos puntos del craneo, captaban sus ondas cerebrales. Estas eran grabadas y procesadas por una computadora. Cada grupo de 50 hombres pasaba por doce situaciones distintas. Luego se promediaban los *EEGs* de cada grupo.

Asi creyeron poder obtener *patrones* claramente distinguibles de las distintas operaciones mentales realizadas.

El procedimiento que siguieron consistio en presentar los diferentes estímulos y realizar una tarea. Por ejemplo. La '*vigilancia auditiva*' consistia en escuchar tres sonidos seguidos, la tarea visual, exigia algo parecido, con estímulos visuales. Luego comparaban los patrones de ondas cerebrales. Dijeron haber descubierto patrones para las diversas tareas que se solicitaba a sus sujetos (Adey, 1975).

Los resultados presentados no se les aceptaron, porque, les dijeron, las señales *EEG*, procedentes de la superficie del cuero cabelludo, incluian muchos elementos confusos y distorsionantes, como '*ruidos*' y '*parasitos*'.

La exigencia del mundo científico se manifestó muy claramente. Había que implantar electrodos dentro del cerebro y comprobar los datos. Pero a esto no estaban dispuestos muchos sujetos humanos.

Ante las críticas, el grupo de Adey cambió de muestra. Procedió a la implantación de electrodos en gatos y chimpancés. Les implantaron los electrodos en zonas profundas, como en el hipocampo, zonas que se suponía intervenían en la memoria y en el aprendizaje. El proceso de registro y análisis por computadora era el mismo. Tras el análisis, confirmaron los datos conseguidos con humanos. Adelantaron que, a través de estos análisis, era posible llegar, con su método, hasta la predicción de si un animal que ha aprendido una determinada habilidad cometerá o no cometerá un error durante los próximos segundos (Elazar, and Adey, 1967).

El anuncio de estos resultados causó aún más sensación que los anteriores. Eso era estar a las puertas de dar con la posibilidad de la lectura de las mentes, o al menos, algo que superaba la telepatía y se acercaba un poco a la profecía (Kado, and Adey, 1968).

El sujeto clave y paradigma de estos experimentos con animales fue el chimpancé *Jerry*. Le enseñaron el juego *Tres en Raya*, que exige en los niños una edad mental superior a los cinco años para aprenderlo. Se hipotetizaba que si algún animal podía aprender tal juego, ese tenía que ser el chimpancé. Y parece que lo consiguieron con *Jerry*. El refuerzo empleado con él ante los movimientos correctos eran plátanos. Con los electrodos implantados, una vez aprendido el juego, vino el análisis (Hanley, Walter, Rhodes, and Adey, 1968).

Los primeros patrones descubiertos fueron los de '*atencion*' o '*distraccion*'. Después intentaron distinguir los patrones de dos formas de '*preparacion para la accion*': la que conducía a un movimiento correcto o la que conducía a un error.

Movimiento '*correcto*' era cuando *Jerry* tenía la oportunidad de completar una fila y lo hacía como '*incorrecto*'. Significaba que había desperdiciado esta oportunidad seleccionando una casilla equivocada.

Encontraron claras las distinciones entre los patrones EEG. Lo que no aclararon muy bien fue la naturaleza de la atención y la distracción. Solo observaron que cuando *Jerry* cometía un error, los parámetros del EEG mostraban más actividad que antes del movimiento correcto. Las diferencias aparecían en las frecuencias Zeta (de 3 a 7 c/s) más claras que en las frecuencias Alfa (de 8 a 12 c/s).

Establecidos esos patrones de '*correcto*' e '*incorrecto*', demostraron que podían predecir los movimientos de *Jerry* con total precisión en un 99% de los casos. Las ondas cerebrales '*cambian*' el resultado antes de que el animal actuara. Normalmente el patrón resultaba claro con diecisiete o dieciocho milisegundos de antelación.

En Houston precisamente sabían que más de 15 milisegundos de margen de tiempo da un inmenso poder de control. La gran pega seguían siendo los electrodos implantados. Con ellos sobre el cuero cabelludo, la precisión conseguida era solamente del 70% de acierto.

A pesar de las muchas pegas presentadas, las aplicaciones de estos descubrimientos se imaginaron inmediatas, y más en el lugar y con la finalidad con que se financió el proyecto. Aun con pegas, la técnica, tal vez, permitía mejorar enormemente la actuación de los pilotos. Una computadora podría ir avisándoles, en caso de toma de decisiones equivocadas. Solo eso evitaba ya muchos accidentes.

Y trasladada esta aplicación al campo educativo, las posibilidades que se abrían también se imaginaron que podían ser inmensas, de alucinación. Eran los años de las '*maquinas de enseñar*'. Se podía pensar en la '*virtu*' mágica, o en el '*refuerzo*' automático, y conseguir el aprendizaje sin error. La computadora, o el profesor dirigido por ella, podían replantear el problema o avisar de la falta de atención. Se reduciría la frustración del alumno y esto, tal vez, podría resultar especialmente útil para niños con dificultades de aprendizaje.

Y siguiendo con las especulaciones suscitadas por los anteriores resultados, un paso más lo constituiría el encontrar los patrones que indicaran los estados óptimos para el aprendizaje y los subóptimos. Combinado con los ritmos circadianos, se podría conocer qué situación emocional y qué momento del día es el más apto para el aprendizaje.

A partir de este momento, algunos miembros de este equipo, y otros muchos investigadores, se lanzaron a experimentar, y también a aplicar los resultados obtenidos con *Jerry* y otros chimpancés.

3.1.2.4.2. 'Patrones EEGs' y 'Campos Eléctricos Débiles'

A manera de ejemplo, podemos citar a las investigadoras Rochelle Gavalas y R. S. Day-Magdaleno, psicólogas, que elaboraron y desarrollaron un curioso proyecto que tenía por objeto confirmar si los animales cambiaban sus conductas aprendidas y, en consecuencia, exhibían patrones de ondas cerebrales, a base de alterar los campos eléctricos que rodeaban sus cabezas. En aquellos momentos, lo tildaron de ciencia ficción. Pero, bien pensado, era y es éste un problema en y con el que estamos viviendo o padeciendo, de una forma u otra, casi todos nosotros. Todos estamos rodeados e influenciados por corrientes eléctricas. Es cierto que son muy débiles casi todas ellas: líneas telefónicas, cables de las paredes, aparatos domésticos, tubos fluorescentes, móviles... Nosotros no los sentimos, pero están ahí, y existen ya en el mercado sencillos detectores que lo indican, sin lugar a dudas. De las frecuencias que nos rodean, tampoco se sabe gran cosa. La corriente eléctrica funciona a 50/60 ciclos/s, y de su influencia apenas si se sabe, y ni siquiera se quiere saber nada, por quienes debieran saberlo. En cambio, el estudio de la influencia de las frecuencias más bajas, empieza a estudiarse con gran fuerza en la época en que se desarrolla este estudio. Daria sus frutos años más tarde con un tipo de literatura, tildada de heterodoxa, y bandera de grupos ecológicos y verdes, y también con el desarrollo de las *máquinas de la mente* o aparatos *megahrain*, y artefactos afines, por citar una aplicación, objeto del presente estudio.

Las investigadoras Gavalas y Day-Magdaleno, querían comprobar si los macacos de rabo corto producían espontáneamente más o menos *ondas Zeta* al colocarles la cabeza bajo la influencia de un débil campo eléctrico, y, en consecuencia, a ver si esa influencia hacía cambiar o no su conducta. Ellas en su informe recogen los datos previos que confirmaban que campos eléctricos débiles, a frecuencias muy bajas (7 Hz), habían sido capaces de modificar la conducta aprendida de presionar una palanca. La técnica que emplearon para el control de conductas fue la de implantación de electrodos en la corteza y en estructuras profundas de cinco macacos hembra. Después les enseñaron tareas de presionar sobre un panel, a intervalos de 5 segundos. Si acertaban se les premiaba con un chorrito de jugo de manzana.

Tras este aprendizaje, se les sometió a la influencia de una débil corriente eléctrica. El truco fue sumamente simple: se les colocó la cabeza entre dos placas metálicas y se hacía pasar entre las placas una débil corriente. Los voltajes oscilaron entre 1-56 V/m, y las frecuencias, entre 7 y 75 Hz. La tarea entrenada fue la de presionar una palanca para conseguir el jugo. Trataron de ver si esa conducta, ya bien aprendida, sufría variación en el *tiempo entre respuestas (IRT)*.

Observaron que, realmente, la influencia de débiles campos de voltaje de 56 V/m, y a las frecuencias de 7 y 75 Hz, producían reducciones significativas en el tiempo entre respuestas: Los monos empezaron a presionar el panel hasta 3 segundos antes de lo aprendido. Esta aceleración fue luego observada también en personas sometidas a una experiencia parecida.

La investigadoras Gavalas y Day-Magdaleno, grabaron los *EEGs*, gracias a los electrodos implantados, y de esa forma pudieron encontrar, además, que las *ondas Zeta*, procedentes del hipocampo, habían experimentado un claro incremento, y, además, lo hacían, en sintonía con las ondas externas (Gavalas, and Day-Magdaleno, 1976). A la vista de los resultados ellas sugirieron

que parecía confirmarse la existencia de una capacidad para ser sensibles ante los campos eléctricos, aunque éstos fueran muy débiles. Apuntaron, además, que esa capacidad existiría en todos los organismos cuyos sistemas nerviosos se caracterizaran por producir ondas eléctricas de baja frecuencia en el espacio extracelular, y por tener un sistema de sensores macrocelulares en la superficie de las membranas. Esos sensores serían capaces de trasducir los componentes del campo extracelular al lenguaje de las células. Y sería a partir de aquí como se alterarían las capas de iones que rodean las células y se producirían los cambios asociados con ellos, alguno de los cuales ellas habían observado en su experimento.

Ya se sabía que el hipocampo estaba relacionado con los aprendizajes. Por eso, la conclusión y futura aplicación estaban claras: Algún día los estudiantes podrían recurrir a la influencia de corrientes eléctricas débiles para mejorar sus aprendizajes. Y, generalizando, se podrían encontrar los patrones específicos de frecuencias concretas para mejorar cada tipo de actividad: la memoria, el rendimiento en música, en arte, en matemáticas, etc.

3.1.2.4.3. 'ERPs' e 'Inteligencia'

El relacionar ambos temas, *EEG* e *Inteligencia*, se le ocurrió a John Ertl, y a otros psicólogos canadienses. Partieron estos investigadores de la teoría de que todas las personas con visión normal recibimos los estímulos luminicos casi del mismo modo, sin que esto dependa de la educación ni de la clase social. Pensaron que la latencia de los componentes ERPs, por ejemplo, ante la percepción de una luz podría, tal vez, ser un buen índice sobre la eficiencia en el proceso de información. Por tanto, serviría para la elaboración de un interesante test de inteligencia, que sería, además, un instrumento de medida realmente valioso, ya que estaría libre de cultura, una de las grandes pegas contra los tests de inteligencia al uso. Empezaron por llamarlo '*Análizador de Eficiencia Neural*' (*Neural Efficiency Analyzer, NEA*) (Ertl, 1971).

Ertl sabía, por investigaciones previas, que con el *EEG* lo único que se podía registrar era el nivel de rapidez con que cada persona de su estudio percibiría un destello de luz. En realidad, lo que pretendían no era lo ortodoxo: Eso no era medir la inteligencia tal como se hacía, sino medir la rapidez de las reacciones mentales. Y Ertl fue más lejos y afirmó que de esa rapidez depende, en resumidas cuentas, la inteligencia. Para probar o medir esa variable, pidieron a los sujetos que se limitaran a permanecer sentados. Les colocaron electrodos pegados al cuero cabelludo, mientras una luz centelleaba al azar, cien veces. Una computadora promediaba la rapidez de las reacciones de su cerebro. Los sujetos a su disposición fueron 573 escolares de *Ottawa*, pertenecientes a diferentes edades y clases sociales.

En un primer estudio, Chalke y Ertl (1964), trabajaron con una pequeña muestra. Seleccionaron de 33 sujetos que les dieron altas puntuaciones en la *Forma A, más alta*, del *OTIS*, a 11 cadetes de la armada, con puntuaciones medias en el *OTIS*, y a 4 retrasados con puntuaciones muy bajas en el mismo test. La muestra fue muy pequeña y muy sesgada. No obstante, en las latencias finales de los ERPs (tras los 100 mseg), encontraron que quienes fueron a la experiencia con puntuaciones más altas en el *OTIS*, presentaban latencias más cortas.

Unos años más tarde, con una muestra más equilibrada, Ertl y Schaffer (1969), de 566 escolares de *Ottawa*, pertenecientes a diferentes edades y clases sociales, volvieron a encontrar correlaciones positivas y significativas entre resultados en tests de inteligencia y latencia en los ERPs.

Conforme a lo hipotetizado, volvieron a encontrar grandes variaciones en la velocidad de sus respuestas. Según el análisis de las latencias *ERPs*, descubrieron que los diez niños más lentos en las tareas escolares necesitaban el doble de tiempo para reaccionar ante el estímulo, que los diez niños más rápidos, quienes, a su vez, puntuaban más alto en los tests de *C.I. standard* (Ertl, 1971).

Descubrieron, además, que los niños que tenían los típicos problemas de aprendizaje: dislexia, lenguaje, nerviosismo..., puntuaban, más bien normal, en latencias *ERPs*, y, muy bajo, en *C.I.*

Esta relación entre latencias *ERPs* e inteligencia lo intentaron confirmar otros investigadores, usando muestras más amplias de sujetos y usando otros tipos de estímulos y otros tests. Correlacionaron latencias *ERPs* con puntuaciones en tests, y notas en la escuela; latencias *ERPs* auditivas con tests de inteligencia (Matrices Progresivas de Raven, Escalas de Vocabulario de Mill Hill). No se encontraron relaciones entre latencias *ERPs* e inteligencia.

En cambio, otras investigaciones, usando muestras muy equilibradas, y estímulos visuales y tests muy comunes de inteligencia como el WISC-WPPSI, confirmaron una cierta relación entre latencias *ERPs* e inteligencia.

Pero el tema no les quedó muy claro a los investigadores. Concedieron cierto crédito a Ertl y a sus colegas, y les animaron a seguir investigando en la línea de investigación abierta. Pero se les indicó y precisó, que no era muy probable que un solo factor neuropsicológico, pudiera identificarse como el sustrato biológico de la inteligencia. Habría que avanzar en aproximaciones que emplearan múltiples medidas, además de las latencias *ERPs* y simples tests de Inteligencia. Y sólo así, se podría llegar a vislumbrar un posible modelo teórico, que podría satisfacer y explicar mejor las relaciones entre funciones cerebrales e inteligencia (Parker, 1973; Callaway, 1975; Sturgis, Lemke, and Johnson, 1977).

3.1.2.4.4. '*ERPs*' y '*Detección de Mentiras*'

En el *EEG* se pueden quedar reflejadas impresiones subliminales, tan fugaces, que ni siquiera llegan a ser conscientes para la inmensa mayoría de los sujetos. Seguir por esa línea puede llevar a una forma de invasión del coto cerrado y sagrado de la persona, y dar paso, para un empleo del *EEG* como un infalible detector de mentiras. Era una consecuencia lógica.

Fue en el *Instituto Tecnológico de California*, y de mano de un físico inglés, Derek Fender, metido a biólogo, donde se lanza la idea de un *detector de mentiras*, dentro de lo que cabe, infalible (Fender, 1987).

Respecto a este tema, los detectores tradicionales funcionan según la dinámica de pregunta y respuesta, de *SI* o *NO*. La hipótesis de Fender, fue más lejos. Veamos. Para poner a prueba su hipótesis rastreó, con un método nuevo, las diversas operaciones mentales, a medida que pasaban de una área a otra del cerebro. Para aplicar su método, diseñó un '*Casco* (*limatizado*)', equipado con 49 electrodos, cuatro veces más que los empleados normalmente. Se sabía ya que se necesitaban, al menos, nueve electrodos para localizar el origen de una sola onda cerebral. Localizar dos puntos, que además pueden entremezclarse antes de llegar al electrodo, requería más de treinta electrodos colocados en puntos estratégicos del cuero cabelludo. Con este artilugio y la ayuda de un potente ordenador logró rastrear algunas de las operaciones mentales cuando alguien responde a una luz o a un sonido. Si oímos la voz de un interlocutor y al mismo tiempo un timbre de la puerta, el cerebro los identifica con claridad. Luego los correlaciona en el tiempo y en el espacio. Con su método descubrió exactamente qué parte del cerebro establece esas correlaciones.

Su primera experiencia la llevó a cabo empleando una muestra de 27 voluntarios. El estímulo que empleó fueron destellos de luz y, en ocasiones, un chasquido simultáneo.

Sus resultados le llevaron a decir que si luz y chasquido procedían del mismo sitio, había tres áreas que generaban ondas: *una* analizaba las imágenes visuales; *otra* las señales sonoras; y una *tercera*, situada en la región parietal, que parece que descubría que ambos estímulos procedían del mismo punto. A partir de aquí, una *cuarta* zona, ésta motora frontal, se preparaba para enviar mensajes neurales a los músculos oculares, con el fin de enfocar la vista hacia el punto emisor. En

este cuarto momento es donde el científico podrá apoyarse para predecir el movimiento siguiente, y hacerlo con unos milisegundos de antelación.

Si la luz y el chasquido no procedían del mismo punto, el cerebro no procedía a la operación integradora.

Fender experimentó con tres personas, que, en el cerebro, cerca del área del habla, hay otra área que prepara los mensajes neurales que activan los músculos asociados al habla. En esa área identificó el origen de la actividad que se desarrolla en el área asociada a la palabra 'SI' y a la palabra 'NO'. Y esto lo hacía antes y sin que se pronunciaran en voz alta. Era evidente que esto ocurría, pues los movimientos de la lengua, dientes, etc., son diferentes para cada una de esas palabras. Los patrones cerebrales de esas señales nerviosas serán diferentes, pero identificables, y esto antes de que se articulen. Por eso, se puede diseñar un detector de mentiras que identifique, a partir de la actividad cerebral, si la respuesta a una pregunta va a ser 'SI' o 'NO', aunque luego el sujeto se muestre reacio a cooperar.

Esto exigía identificar previamente el patrón individual del 'SI' y del 'NO'. Con los patrones sería muy fácil la detección, ya que no hay grandes diferencias entre las personas y eso se podría conseguir en una conversación informal. Ese patrón no puede cambiar. Engañar a la máquina, a partir de aquí, exigiría no pensar siquiera en cualquier palabra escuchada anteriormente.

La experiencia es tremendamente ingeniosa y asusta en sus resultados y sobre todo en sus posibles aplicaciones. Aunque primitivos, estos intentos de lectura científica de la mente humana si son herramientas potenciales de predicción y de revelación. Y quien es capaz de predecir, tiene en su mano la capacidad de interceptar, manipular, cambiar y modificar lo que le convenga.

3.1.2.4.5. 'ERPs' y 'Significados Contextual y Lingüístico'

Investigaciones con estos objetivos las desarrollaron Warren S. Brown y su equipo. Para estudiar los efectos que podría tener la percepción del significado contextual en los ERPs relacionados con el habla, colocaron a sus 5 sujetos, adultos y diestros, electrodos en el cuero cabelludo sobre las zonas de Wernicke y de Broca, y en puntos homotópicos del hemisferio no dominante. Los estímulos fueron palabras habladas. En los registros, analizaron los ERPs de una misma palabra, pero que difería en significado en función del contexto. Por ejemplo, respuestas a la palabra 'fire' (fuego), en frases como 'sit by the fire' (siéntate junto al fuego), y en 'ready, aim, fire' (listos, apunten, fuego).

Las diferencias fueron significativamente mayores entre lugares del hemisferio izquierdo y sus homotópicos del hemisferio derecho. Cuando el contexto resultaba ambiguo, como en las frases 'fire is hot' y 'fire the gun', las diferencias en las formas de las ondas desaparecían (Brown, Marsh, and Smith, 1973). Consiguieron parecidos resultados a estos últimos en otra investigación para estudiar los ERPs ante la percepción de significados diferentes dentro de una frase ambigua (Brown, et al., 1976).

En 1975, miembros del mismo equipo, publican un informe muy interesante sobre las *Respuestas de Seguimiento de Frecuencias* (FFRs), tema sobre el que se hablaba mucho por aquellos años. Los diseñadores de las 'máquinas de la mente' dicen apoyarse en esta teoría para explicar las virtualidades de sus máquinas. En resumen, la teoría de las FFRs viene a decir que si se estimula al cerebro con un sonido, a la frecuencia apropiada, el cerebro sintoniza con esa frecuencia y se pone a funcionar en esa frecuencia, provocando así el estado mental correlativo.

James C. Marsh y colegas, (1975), desarrollaron dos experimentos. Emplearon en ellos a 8 sujetos. Pretendieron determinar con estos experimentos: a) la estabilidad y fiabilidad de la FFR, y b) la relación entre amplitud de la FFR e intensidad del estímulo, y la fuerza percibida

(1^{er} Experimento); y c) si los efectos de un ruido enmascarado en la amplitud de la FFR estaban relacionados, de alguna manera sistemática, con el enmascaramiento perceptual, mediante un ruido, de una señal en forma de tono (2^o Experimento).

Tras el primer experimento encontraron un alto grado de consistencia, tanto 'intra' como 'a través' de los sujetos, en latencia, en fase y en la forma de onda de la FFR promediada. Les quedó demostrado, también, una relación monotónica entre la amplitud de la FFR promediada y la intensidad del estímulo, pero sólo cuando el nivel del sonido se situaba entre los 40 y los 60 decibelios.

Los resultados del 2^o experimento les demostraron una estrecha correlación entre la detectabilidad de un tono dentro de un ruido enmascarador. Las FFRs disminuían en amplitud, bruscamente, conforme la intensidad se aproximaba o excedía el umbral de enmascaramiento del tono (40-60 db).

Les quedó patente, así, la importancia que tiene en la FFR, la intensidad de los tonos, y, además, que el tipo de tono juega un gran papel en esa respuesta: Cuanto más puros y limpios, mayor intensidad de respuesta. No queda más remedio que aludir a la importancia que puede tener para las '*máquinas de la mente*', el que sus tonos sean claros, precisos, y suficientemente intensos, y a ser posible, que se acerquen lo más posible a los sonidos naturales.

Unos meses más tarde, los mismos autores desarrollaron otros experimentos, con gatos y humanos, para determinar dónde se generan en el tronco cerebral las FFRs ante estímulos auditivos. Concluyeron que con intensidades de estimulación moderadas, la fuente primaria de las FFRs, registradas desde el cuero cabelludo, se localizaba en el colículo inferior y luego se iban detectando en zonas más alejadas del cerebro (Smith, Marsh, and Brown, 1975).

El mismo equipo, años más tarde prosiguió en la misma línea de investigación inicial (Brown, Lehman, and Marsh, 1980). Vuelven a estimular a sus sujetos con estímulos verbales, tratando de comparar los ERPs provocados por palabras homófonas, pero palabras inglesas, germano-suizas, y palabras del mismo tipo, vulgares, y simplemente imaginadas por los sujetos. La finalidad era descubrir la topografía de los ERPs para distintos idiomas. Los sujetos del estudio fueron 14. Tuvieron éxito en su esfuerzo. Determinaron, sin lugar a dudas, que durante los primeros 300-350 mseg de la respuesta, esas palabras homófonas producían diferencias en los ERPs situados en la topografía anterior-posterior. Y esta topografía diferenciada se repetía cuando los sujetos se imaginaban palabras 'vulgares' homófonas. Esas diferencias topográficas se apreciaban, tanto en un análisis de las posiciones de valores del campo máximo y mínimo, como en el análisis del componente principal del ERP.

3.1.2.4.6. '*EEG*' y '*Modelos Electrofisiológicos*'

E. Roy John, es el Director de los Laboratorios de Investigación del Cerebro del Centro Médico de la Universidad de Nueva York. Su equipo viene trabajando, desde hace muchos años, en un ambicioso proyecto. Vienen estudiando la actividad eléctrica del cerebro humano a lo largo de muchas edades. Han acumulado ya miles y miles de EEGs, de personas que van desde la infancia hasta la vejez. Concretamente, han estudiado EEGs de sujetos desde los 6, hasta los 90 años de edad. La potencia de los modernos ordenadores les ha permitido, por fin, describir, analizar y correlacionar, datos de la actividad eléctrica. Y, además, les ha posibilitado representar las distintas zonas escrutadas del cerebro en imágenes coloreadas. En potentes pantallas, se pueden ver dichas imágenes coloreadas, correspondientes a cada uno de los electrodos (John, and Thatcher, 1976).

Según John, se proponen como primer objetivo acumular y analizar informáticamente un gran número de patrones o *modelos* de EEGs. Y como objetivo final, la elaboración de todo un cúmulo o banco de *Módulos* de '*Perfiles Electrofisiológicos*' precisos, para una gran variedad de

'Estados Mentales, normales y anormales'. A su ciencia empezó llamándola *Neurometria* (John, 1976; John, Pritchep, Fridman, and Easton, 1988). Para él, la base de la Neurometria, consiste en comparar la actividad del cerebro de cada individuo, con todos los datos obtenidos a lo largo del ciclo vital del ser humano. La estadística por ordenador, les proporciona los medios necesarios para establecer este tipo de análisis comparativo casi a tiempo real. Elaboraron hasta 32 ecuaciones para predecir hasta 32 parámetros del EEG de personas sanas en función de la edad (Ahn, et al., 1980, Anh, Pritchep, and John, 1982). Según él, en lugar de confiar en diagnósticos generales de problemas mentales y llegar a hablar de '*hiperactividad*', o '*incapacidades de aprendizaje*', 'etc.', los científicos podrán comparar el EEG del sujeto que tienen delante, con los EEGs de sujetos normales del mismo grupo de Edad, y utilizando las inmensas capacidades de cálculo del ordenador, descubrir inmediatamente la exacta ubicación y tipo de anomalía en el EEG del sujeto, permitiendo aplicar un tipo de tratamiento más concreto y eficaz (John, et al. 1977, John, et al. 1988)

Roy John, prosigue en sus ambiciosas investigaciones. En sus charlas y en sus publicaciones habla de *energía cerebral*, de *flujos energéticos* constantes. Esa *energía* organizada y esos *flujos*, es lo que le ha llevado a lanzar la idea de la *hiperneurona*. Para John, esa *hiperneurona* no es una neurona en realidad, ni una neurona gigante, ni algo como la abeja reina en una colmena. El habla en términos de *energía*. La *hiperneurona* será, pues, un *proceso de energía*, resultante de la suma total de las cargas existentes en las células nerviosas, las células glías y los espacios intercelulares del cerebro.

John va más lejos aún. Se pregunta qué será eso que llamamos conciencia. Y respondiendo siempre en términos energéticos, especula y postula que la *conciencia* surge de la '*interacción cooperativa de poblaciones neuronales*', es decir, de las '*hiperneuronas*'. El contenido de la experiencia subjetiva es el contorno momentáneo de la hiperneurona. Con el flujo y reflujo interminable de la hiperneurona viene el flujo interminable del contenido de la *conciencia*.

Otro concepto se hace presente junto con el de hiperneurona. Es el de *resonancia*. Cuando diversos estímulos sensoriales evocan este esquema global, llamado hiperneurona, cree John, que '*resuenan*' con esquemas anteriores conservados en la memoria. Y al igual que cuerdas de violín, afinadas en la misma frecuencia, son capaces de vibrar en resonancia cuando se toca una de ellas cerca de las otras, así la hiperneurona específica, vinculada a algún estímulo sensorial pasado, hace que millones o billones de células cerebrales '*resuenen*' y produzcan un modelo electromagnético similar al conservado en la estructura de las neuronas individuales (Restak, 1979, Penfield, 1975).

El efecto de la resonancia es cooperativo y no lineal. Se produce, no entre neuronas conectadas linealmente, sino entre campos electromagnéticos generados por la actividad sincronizada de miles de millones de neuronas.

Para comprender este fenómeno, tal vez sea oportuno acudir a la música. John lo hace en sus explicaciones. Pensemos, dice, en unos compases de la *5ª de Beethoven*. Quien conozca la sinfonía evocará, por simple resonancia, recuerdos internos, ricamente orquestados de su grabación favorita. Y si uno es más romántico, puede que al escuchar una nueva canción, un trozo de letra o de melodía, '*resuenen*' y '*evocuen*' modelos de ondas almacenadas de una canción diferente, escuchada hace muchos años. Este nuevo modelo puede suscitar nuevas '*resonancias*' y facilitará el recuerdo de lugares, momentos, olores, ambientes, caras de amigos con quienes compartimos unos ratos agradables y así hasta el infinito.

La conciencia, dice John, sería una propiedad de esas distribuciones improbables de energía en el espacio y en el tiempo. Al igual que la gravedad es una propiedad de la materia, las neuronas serían imprescindibles para crear el modelo de energía pero la experiencia subjetiva es generada por el propio modelo, y no por las neuronas individuales.

Esta investigación de John, trae a la mente los experimentos de Robert Chapman y colegas (1962). Estos concluyeron que parecía que las palabras con connotaciones similares provocaban

modelos de ondas cerebrales, digamos hiperneuronas en lenguaje de John, notablemente similares, y que esos modelos coinciden prácticamente en todos los sujetos humanos normales.

Según esto, provocar o suscitar modelos de campos electromagnéticos en el cerebro podría hacer surgir en el cerebro, 'por resonancia', configuraciones de ondas cerebrales estrechamente relacionadas con ellas.

Esto tiene una gran proyección terapéutica y enlaza con las investigaciones llevadas a cabo con el CAP SCAN, de Charles Stroebel (1982). Con este aparato se posibilita la visualización en pantalla de nuestro propio cerebro. Las representaciones cerebrales no son sino ondas cerebrales y es posible que esos modelos cambiantes de color que recorren el cerebro sean representaciones reales de *hiperneuronas*, imágenes de procesos de pensamiento universal en acción. En eso, el Explorador CAP es algo realmente nuevo.

John declara, alborozado, ante una gran pantalla llena de imágenes coloreadas del cerebro, que: "los datos son presentados de manera que destaquen los rasgos anormales, ya que el ordenador deberá evaluar gran cantidad de información. Por este motivo, la información aparece codificada por colores. Si la actividad eléctrica del cerebro, de una región anatómica determinada, es normal, aquella parte de la imagen que es presentada por el ordenador, aparece en color tierra. Si se da el caso de que una determinada región cerebral, se produce un exceso de actividad, esa región aparece en rojo. Cuanto más anormal es el acceso, más brillante será el color rojo, que poco a poco cambiará a naranja. Si alguna región de la anatomía, carece de algún tipo de actividad, esa zona aparece en color azul. Siempre que se produce algún tipo de anomalía, ésta se representará coloreando las zonas afectadas. En la actualidad poseemos distintos modelos que nos permiten identificar la mayoría de los desórdenes psiquiátricos: depresión, demencia, o esquizofrenia... También podemos reconocer el alcoholismo".

"El análisis neurométrico es un análisis funcional. Nos muestra las relaciones anormales, entre distintas regiones del cerebro, cuyas causas pueden ser múltiples. Primera, malformación de la estructura anatómica, como podemos ver. Segunda, a pesar de que la estructura sea normal, las reacciones neuroquímicas, son anormales, lo cual, también puede ser detectado. Sin embargo, a pesar de poseer una capacidad neuroquímica, y una estructura anatómicas normales, a veces el cerebro puede entrar en ciertos estados anormales. Por ejemplo, tuvimos un paciente, un miembro del personal de la Universidad, que vino a hacerse un reconocimiento. En realidad era amigo del técnico que hacía el examen. No era realmente una paciente. Ya estaba en nuestra base de datos. Se hizo el examen, y los resultados fueron totalmente normales. Después del examen, el técnico que la corregía, le preguntó algo acerca de su novio. Esta persona acababa de sufrir una dolorosa ruptura. Mientras respondía a la pregunta, la grabación siguió en marcha de forma accidental. Posteriormente, se analizó esta grabación. Y apareció una depresión patológica. Así que, en un par de minutos, el cerebro había pasado, de un estado perfectamente normal, a mostrar un cuadro de patología depresiva. Y un par de minutos después volvía a tener un aspecto totalmente normal. De este modo, podemos ver cómo cambia, en función de los pensamientos del sujeto, y de las secciones que estos despiertan, y cómo estos reflejan anormalidades, pero son anormalidades transitorias. Casi todo el mundo conoce a alguien, que se ha sometido, durante años a una psicoterapia, sin alcanzar ningún resultado aparente".

"En realidad, la causa del comportamiento, de alguno de estos pacientes ahora puede ser detectada. Y de hecho, el departamento recibe regularmente la visita de pacientes que han fracasado en uno u otro tipo de psicoterapia. Hemos observado que mediante la evaluación neurométrica, podemos intervenir de modo mucho más efectivo. Durante mucho tiempo la Psicología ha considerado al organismo como una caja negra. Algo entra de ella y algo sale de ella. Y el proceso entre ambas se infiere observando cómo se relacionan. Con este sistema es

posible que buenos profesionales consigan aproximarse al proceso, pero siempre será mucho más acertado si abrimos la caja y miramos dentro" (Roy John, 1989; Mas, Prichep, Cancro, John, et al., 1991; Prichep, and John, 1992).

La experiencia de John tiene para el trabajo presente otra virtualidad. Él ha desarrollado toda una metodología. Se sirve del EEG para establecer perfiles electrofisiológicos propios de cada función específica del cerebro y de cada estado mental.

La investigación prosigue a la búsqueda de las claves que ayuden a descifrar el lenguaje enigmático del cerebro. El grupo de Ross Adey, en su mayor parte, intentaba simplemente, aprender el lenguaje del cerebro. Pero, la tentación manipuladora de la mente ajena, está servida.

En lo reseñado hasta ahora se pueden descubrir en la investigación posterior dos corrientes principales claramente identificadas, que se distinguen fácilmente en la metodología empleada

- La de un grupo de investigadores que se han lanzado al estudio del cerebro, mediante técnicas invasivas, trabajando con animales, y actuando por la fuerza, abriendo cráneos e implantando electrodos o sustancias químicas, e intentando así codificar la actividad de los cerebros
- Otros científicos, más sensibilizados por el tema de la libertad individual de las personas, y en consecuencia lógica, con técnicas no invasivas y adelantos tecnológicos, tratan de aprovechar los conocimientos que van adquiriendo, para enseñar a la gente a producir ciertos estados mentales, *a voluntad*, utilizando el EEG captado con electrodos aplicados o, a distancia, del cuero cabelludo, y la ayuda de ordenadores que proporcionan información, al instante, cuantificada y en imágenes, técnica que enlaza ya con otra técnica llamada *Biofeedback* (*bioretroalimentación*).

3.1.3. RESPUESTAS DE SEGUIMIENTO DE RESPUESTAS Y EEG

El tema expuesto es muy técnico. Dentro de la exposición, se han seleccionado aquellos apartados que más pueden ayudar, en primer lugar, a contextualizar las *'máquinas de la mente'*, y, en segundo lugar, aclarar, lo suficiente, una de las formas del control exigido en el uso de una de las variables que se van a manejar en la parte metodológica. Se va a medir el EEG de los sujetos, durante los 20 minutos que va a durar cada uno de los tratamientos, por los que han ido pasando secuencialmente. El EEG, es uno de los correlatos más claros y usados de ciertos estados de conciencia, y, muy en concreto, del estado de relajación.

Pero hay más elementos elaborados en el tema que merecen un breve comentario aparte. Así, al hablar de los ERPs, se han reseñado varios informes científicos, en relación con la teoría de las *Respuestas de Seguimiento de Frecuencias* (FFRs). Queda comprobado que esas respuestas realmente se dan, pero, se han evidenciado dichas respuestas, con cierto tipo de sonidos, claros y precisos, y sólo cuando se emitían a intensidades muy concretas. La teoría tiene su importancia esencial en relación con las *'máquinas de la mente'*. En general, se puede afirmar, que todas ellas se venden bajo el señuelo de que con esas máquinas, equipadas con sus correspondientes programas de luces y sonidos, se puede provocar, prácticamente, cualquier estado mental. La explicación que acompaña a estos asertos, deja mucho que desear. Es escasa y muy poco precisa. Y a pesar de ello, las *'máquinas de la mente'* se ofrecen a todo tipo de personas, especialmente a aquellas que más necesitan ayuda psicológica, y también, a deportistas o atletas. Sólo tienen que *'enchufarse'* a la máquina, *les animan*. Los programas son capaces de provocar cualquier estado mental que les

pueda resultar útil para su simple bienestar, en general, o para un desempeño más efectivo y preciso en su deporte o especialidad atlética.

Pero la pregunta que cabe hacerse es la siguiente: ¿Realmente ocurre así? ¿De verdad producen esas máquinas, con esos programas, tales estados de conciencia? En la escasa y confusa literatura en torno a las *'máquinas de la mente'*, apenas se encuentran datos que avalen la consecución de tales beneficios. No se aporta ni un solo estudio medianamente controlado.

En la lectura subliminal del tema, queda patente la apelación a la necesidad de investigación seria y abundante para proceder a la validación de dichas máquinas. Porque su validación está lejos de ser probada. Y aquí se puede enlazar con la última parte del tema. Aparece reseñada, en rasgos muy generales, pero que pueden considerarse suficientes y que sirva de modelo, la labor de un increíble equipo de investigación, dirigidos por E. Roy John, y en una prestigiosa universidad, como la de New York. Llevan dedicándose al tema de los *Perfiles Electrofisiológicos* más de 25 años. Y las técnicas han tenido que ir elaborándoselas ellos mismos, poco a poco, desde las ecuaciones para cuantificar los 32 índices que vienen midiendo, hasta la forma de incorporar los avances de la neuroimagen. Hoy Roy John habla ya de un *Banco de Perfiles*, al que se puede acudir en busca de un instrumento de diagnosis, que puede aportar datos, claros y precisos, para el diagnóstico y tratamiento de muchas enfermedades y trastornos transitorios.

Los últimos adelantos en *'máquinas de la mente'* van en la línea de combinarlas con ordenadores. Esto hará posible la incorporación de los sintetizadores de sonidos, y con ellos se podrán sintetizar sonidos de calidad y pureza, impensables hace tan solo unos años. Incluso se quiere incorporar al equipo, un circuito de biofeedback, que por medio de señales oportunas, basadas en el EEG, vayan avisando, en cada momento, en qué estado mental se encuentra el sujeto. Esperemos que no sea un nuevo truco, y el señuelo que distraiga, una vez más, del problema, irresuelto aún, que las *'máquinas de la mente'* arrastran consigo: la validación de lo que proclaman.

3.2. LUCES Y SONIDOS

3.2.1. INTRODUCCIÓN: LA TRANSMISIÓN/CAPTACIÓN FÓTICO/AUDITIVA

El fenómeno de la luz/sonido es un hecho que está entre nosotros. Y surge una pregunta: ¿Tiene por detrás este fenómeno el suficiente apoyo empírico? La respuesta no es sencilla. Aparentemente habría que responder que no. Pero esta negativa tal vez sea muy descalificadora. Hay que constatar que el campo está creciendo muy rápidamente. Una pléyade de 'diseñadores', la inmensa mayoría simples y vulgares piratas y copiadores y al atisbo de un posible provecho económico rápido y fácil, se están aprovechando de los nuevos productos comerciales que la media docena de fabricantes serios, han lanzado al mercado, tras años de investigación. Se puede afirmar que hay una auténtica proliferación de aparatos comerciales. Y respecto a la pregunta primera, se puede decir que lo único que hay es una auténtica erupción de informes, pero en plan anécdotas que van apareciendo en todos los medios de comunicación, sobre todo, en los más populares. Pero de investigación realmente seria, casi nada. Parece como que a los vendedores/fabricantes les preocupara, ante todo, sobrevivir, vendiendo un producto llamativo, intrigante, y sobre todo muy caro. En estas circunstancias, la tentación de excederse en la proclamación de sus excelencias, cayendo en las vulgares y chapuceras medias verdades de algo que parece que se ha oído que tal autor asegura que un investigador ya muerto que trabajaba en tal Universidad comunicó a su vez, antes de morir, que había hecho y encontrado... Todo un rollo muy confuso...

3.2.2. LA LUZ: EL PARPADEO PROVOCA ALUCINACIONES. HITOS IMPORTANTES

Y uno sigue preguntándose: ¿Cómo es posible que tanta gente pique y compre estos aparatos, para luego no saber ni cómo ni para qué usarlos? Una breve reseña histórica nos puede explicar algo ese porqué. Desde hace muchos siglos el fenómeno de las luces y colores parpadeantes, y los sonidos rítmicos han venido encandilando a mucha gente, desde las más sencillas hasta las más cultas. Y siempre los más vivos o listos, los han usado como elemento dominador o engañador para los demás.

3.2.2.1. El Fuego y el Parpadeo: Apuleyo y la 'Rueda de Alfarero'

El interés y la investigación sobre el poder que tiene la luz para alterar de algún modo el estado de conciencia de las personas no es nuevo. Es tan viejo, al menos, como el uso del fuego. El hombre, desde la más remota antigüedad, pasando tantas horas alrededor del fuego, llegó a conocer que ese parpadeo de las llamas le causaba casi siempre amodorramiento, pero también, a veces, alucinaciones visuales y alteraciones en su conciencia. Esas imágenes en las llamas, junto con la interacción de infusiones, fueron siempre y lo siguen siendo, aprovechadas por chamanes, brujos, sanadores, incluso rapsodas y poetas, para incrementar y adornar sus supuestos poderes o inspiración mágicos. Pero siempre ha habido gente lista, buenos observadores y primeros investigadores que se sintieron sanamente intrigados y fascinados por el fenómeno del parpadeo. Tenemos constancia escrita de intentos experimentales y de aplicaciones concretas y prácticas de este fenómeno. Apuleyo, (125 d.C.), especie de médico/curandero de la época romana, experimentó con el estímulo de luz parpadeante. Producía el parpadeo mediante una rueda de alfarero. Dejó escrito haber encontrado que, en algunos individuos, provocaba ciertas conmociones, que hoy podríamos catalogar como de ataques epilépticos.

3.2.2.2. *Ptolomeo: Luz Solar y Rueda con Radios*

Ptolomeo, (200. d.C.), dejó explicado por escrito, años más tarde, sus experimentos con el parpadeo. Lo producía mediante una rueda de carro, que hacía girar ante los ojos de los sujetos que miraban al sol. Informó, ya en esta fecha, del fenómeno óptico consistente en la inmovilidad aparente de los radios cuando la rueda giraba a cierta velocidad. También notó que el parpadeo de la luz del sol, provocado por los radios de la rueda, causaba en algunos sujetos figuras y colores que percibían ante sus propios ojos y que eso se acompañaba con una sensación extraña de euforia

3.2.2.3. *Talbot-Plateau: 'Rueda Estroboscópica' y 'Fusión del Parpadeo'*

David Siever (1995), investigador en temas de luz y uno de los más prestigiosos fabricantes de aparatos de Luz/Sonido, reseña que en los años 1834-1835, el fenómeno de fusión del parpadeo fue investigado en Lieja (Bélgica), por Talbot y Plateau. Su investigación, a juicio de Siever, marca un auténtico hito en este campo. No sólo estudiaron el fenómeno de la fusión del parpadeo, sino que sacaron algunas consecuencias de tipo práctico. Provocaban un parpadeo cada vez más rápido, mediante lo que se llamó rueda estroboscópica, hasta alcanzar una situación estable de no parpadeo o sensación de fusión. Además de la comprobación del fenómeno ya descrito por Ptolomeo, descubrieron algo sorprendente. Las personas más sanas eran capaces de percibir el fenómeno del parpadeo y retrasar el de la fusión, a velocidades más altas que la gente enferma. Los detalles no importan tanto cuanto el hecho de la observación en sí. En nuestros días, usando ya tachistoscopios como fuente presentadora de estímulos en forma de rápidos destellos ha revelado que los meditadores con largos años de práctica eran capaces de percibir los destellos a más alta velocidad de presentación de lo que podían hacerlo gente no experta en meditación.

3.2.2.4. *Pierre Janet: Luces Parpadeantes e Histeria y Relajación*

Pero lo hecho por Talbot y Plateau, que puede significar para algunos un auténtico hito, tuvo apenas transcendencia. Tendrían que pasar sesenta años (1895), para que alguien se lanzara a sacar consecuencias. En este año, Benham, vuelve a estudiar la ilusión de los colores producidos por el parpadeo de la luz. Para su demostración inventa su '*Artificial Spectrum Top*'. Unos años después, y ya en el siglo XX, el psicólogo francés Pierre Janet, en sus trabajos clínicos en el Hospital parisino de la *Salpêtrière* observó que la exposición de sus pacientes a luces parpadeantes disminuía lo que por entonces se entendía como histeria y provocaba, además, una sensación de bienestar y relajación en alguno de ellos.

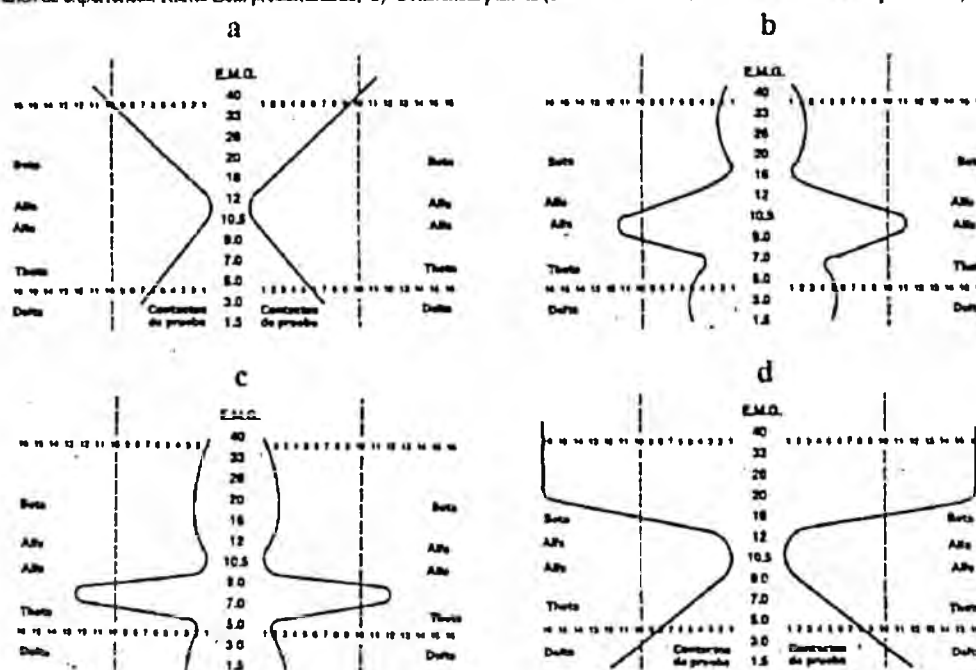
3.2.2.5. *Joe Kamiya: 'EEG' y 'Estados de Conciencia'*

Otro hito importante, en este tema de la luz parpadeante, lo marcan los Estudios de Joe Kamiya (1968) y la introducción del EEG en la investigación cerebral y neurológica. Aunque estudiados en otro lugar, bueno es recordar y reexaminar las bandas de frecuencias básicas y de interés. Las ondas cerebrales se categorizan en cuatro grupos, en función de su frecuencia y su amplitud. Esas cuatro categorías se han asociado con cuatro '*estados de conciencia*' típicos: a) **ESTADO DE ALERTA MÁXIMA**. El sujeto centrado en ese estado mostrara un modelo EEG predominantemente con ondas BETA. La amplitud será relativamente pequeña (menos de 10 μV).

y las frecuencias oscilarán entre 14 y 30 Hz.; b) *ESTADO DE ALERTA* o *ESTADO ALFA*: Conforme se desciende a este estado, irán apareciendo en el EEG brotes de frecuencias ALFA (8-13 Hz.), que pueden oscilar, en amplitud, hasta por encima de 150 μ V. ó más; c) *ESTADO DE LIGERA ENSOÑACIÓN* o *ESTADO ZETA*: El paso a este estado viene marcado por la aparición de ondas ZETA, que son más pequeñas en amplitud (5-20 μ V.), que las ondas ALFA y más bajas también en frecuencia (4-7 Hz.). Algunos investigadores consideran al estado ZETA como el 1º ESTADIO del SUEÑO; d) *ESTADO DELTA*: Si se entra en el ESTADIO 2 del SUEÑO, se pierden las ondas ZETA en el EEG, y aparecen las espigas o brotes cortos de ondas de frecuencia más alta y mayor amplitud. Los ESTADIOS 3 y 4 se caracterizan por las ondas DELTA (0,5-3 Hz.), que son de baja frecuencia y pueden subir en amplitud hasta por encima de 200 μ V. más o menos. Budzinsky (1992), hace notar que estas distintas bandas no aparecen necesariamente solas, sin mezcla de las demás, aunque en algunos casos pueda darse esta situación. En la mayoría de los casos se tendrá que hablar de que son la frecuencia dominante, con mezcla de la energía de alguna otra. Según esto último, alguno de los sujetos puede mostrar un modelo ALFA mezclado con ondas BETA y ZETA. Del mismo modo, un patrón de ESTADO ZETA puede venir interrumpido por brotes de ondas ALFA, si el sujeto se pone más alerta o, incluso, de ondas ZETA si entra más en el sueño. Para la mayoría, el entrar en el ESTADO ZETA (cuando no hay presencia de ondas ALFA o BETA), supone ya un estado de inconsciencia. Si el EEG muestra primordialmente energía ZETA, mezclada aún con algo de ALFA y BETA, el sujeto puede informar de sentimientos de adormilamiento pero aún está consciente (*Figura 3.2.1*).

Figura 3.2.1. Representación gráfica de los Estados de Conciencia

a) Muy alerta y muy relajado, con bloqueo Alfa y Beta predominante; b) Meditador con 1 año de experiencia y ojos cerrados; c) Meditador con más de 2 años de experiencia: Ritmo Zeta predominante; d) Conciencia pasiva. (Tomado de Cade, and Coxhead, 1979, *Appendix A*)



3.2.3. SONIDO: CHAMANES, SONIDOS RÍTMICOS Y CONCIENCIA

La historia del embeleso que los sonidos rítmicos han provocado en el hombre, es muy anterior a la consideración y estudio de la luz. También se descubre que cierto tipo de sonidos

rítmicos produce alteraciones de los estados mentales. Luego se llamaría *'entrainment'*. Las técnicas para alterar los estados mentales han sido muchas y muy variadas.

3.2.3.1. *Chamanes-Sacerdotes y 'Estado Chamánico de Conciencia'*.

Chamanes y Sacerdotes de todas las latitudes y creencias, han usado y desarrollado técnicas de manipulación de estímulos auditivos a través de miles de años. El antropólogo y autoridad en *Chamanismo*, Michael Harner (1981), aclara que los instrumentos básicos para entrar en el *'Estado Chamánico de Conciencia'* (*ECHC*), fueron el tambor y los cascabeles/ campanillas para evocar/provocar y mantener el *ECHC*... El sonido repetitivo del tambor es, por lo general, fundamental para asumir las tareas chamánicas del *ECHC*. Con un buen criterio, dice Harner, los Siberianos y otros chamanes se refieren, a veces, a sus tambores como *'el caballo'* o *'la canoa'* que les transporta hasta el *'Mundo de más Abajo'* (*Lowerworld*), o *'Mundo de más Arriba'* (*Upperworld*). El ritmo firme y monótono del tambor actúa como onda transportadora, que primero ayuda al chamán a entrar en el *ECHC*, y después le ayuda a mantenerse en ese estado.

3.2.3.2. *'Tam-Tam' y 'EEG'*

En los primeros años 60, el Investigador Andrew Neher (1961), investigó los efectos del tam-tam del tambor en pautas *EEG*. Encontró que el mamporreo rítmico alteraba de forma espectacular la actividad de las ondas cerebrales. Recogió también en su trabajo los resultados de otros investigadores de los rituales chamánicos, en la línea de que las frecuencias del ritmo del tambor en el rango de frecuencia *EEG* de la onda *ZETA*, predominaba durante los procedimientos de iniciación. Y aún más, siempre se usaron por los ancestros, para inducir trance, combinaciones de sonidos rítmicos y luces parpadeantes.

3.2.3.3. *Fascinación por los sonidos rítmicos: Músicos y Compositores*

Y los humanos siempre se han mostrado profundamente apreciativos de los poderes que tiene la música para aumentar la conciencia. Y la música es, entre otras cosas, una sucesión de señales auditivas rítmicas. A través de miles de años, los *'Músicos'* y *'Compositores'* han intentado, de forma consciente e intencional, influir en los estados cerebrales de sus oyentes mediante la manipulación de la frecuencia de los ritmos y tonos de su música.

3.2.4. *LUCES Y SONIDOS: CONCIENCIA ALTERADA Y 'ENTRAINMENT'*

3.2.4.1. *'Luces/Sonidos Rítmicos' y 'Estados de Trance'*

Los humanos también han estado intrigados durante mucho tiempo por las posibilidades de influir en el funcionamiento mental que surge de la combinación de las estimulaciones de luces y sonidos rítmicos. Rituales ancestrales para entrar en *'Estados de Trance'* con frecuencia implicaban

a ambos, sonidos rítmicos en forma de redobles de tambor, palmeos o canto, y luces parpadeantes producidas por candelas, antorchas, hogueras o largas hileras de cuerpos humanos danzando rítmicamente y pasando sus cuerpos delante del fuego y cortando la luz y produciendo así destellos rítmicos auténticamente hipnotizadores. Incluso, algún compositor del pasado, como el visionario Scriabino, realmente creó una música que pretendía fuera experimentada en combinación con la visualización de luces rítmicas. Con ello intentaban provocar alteraciones de la conciencia de la audiencia que serían imposibles manipulando sólo las imágenes o sólo el sonido.

3.2.4.2. *Cine y Rock: Imágenes/Sonidos y 'Alteración de Conciencias'*

En medio de esta corriente, siempre viva, los avances tecnológicos hacen posible una combinación mucho más potente y sincronizada de luces y sonidos. Se crean para el cine bandas sonoras que directores y hábiles montadores combinan con las imágenes que aparecen en pantalla. Lo hacen para aumentar el atractivo y poder de las imágenes para atraer a los cinéfilos. '*Gone with the Wind*' y '*The Wizard of Oz*', son unas de las primeras y espectaculares películas cuya contemplación supone una verdadera experiencia audiovisual. Los ritmos de la banda sonora se combinan con las imágenes, como en '*STAR WARS*'. Pretenden con ello provocar alteraciones de la conciencia de la audiencia que serían imposibles manipulando sólo imágenes o sólo sonido.

Por esos mismos años 60s, la interacción de instrumentos musicales electrónicos y sonidos amplificados sincronizados con shows de luz psicodélica estroboscópica producían alteraciones de conciencia de forma rápida y profunda en muchos de los asistentes a los famosos y multitudinarios conciertos de rock. Aunque en estos casos no se sabe qué influencia tenía la consumición de todo tipo de drogas.

3.2.4.3. '*Estroboscopia Electrónica*' y '*RSF*' o '*Entrainment*'

La investigación científica moderna entra en el estudio de los efectos conjuntos de luz y sonido rítmicos a mediados de los años 30. Y poco a poco se descubre que los ritmos eléctricos del cerebro tendían a asumir el ritmo del estímulo lumínico parpadeante. Es así como se fue perfilando el concepto de '*Respuesta de Seguimiento de Frecuencia*' (*RSF*), o también y simplemente '*Entrainment*'.

En 1946 aparece ya clarificado y documentado por Walter, Dewey y Shipton el efecto que produce la estimulación fótica en la actividad de las ondas cerebrales. Esos investigadores se propusieron estudiar a fondo el fenómeno del parpadeo. Emplean en ese estudio psicofisiológico un estroboscopio electrónico. Sometieron a miles de sujetos a intensa luz blanca parpadeante, al tiempo que les midieron su *EEG*. Encontraron que las luces de flash parpadeante alteraban rápidamente la actividad de las ondas cerebrales, llegando a producir estados de cuasitrance, de profunda relajación e imaginación mental vívida. Se sorprendieron también al encontrar que el parpadeo parecía alterar la actividad de ondas cerebrales de todo el cortex en vez de las áreas asociadas y más implicadas en la visión. En palabras de Walter y Walter (1949), las series de destellos rítmicos parece como que derriban algunas de las barreras entre las distintas regiones del cerebro. Esto significa que el estímulo del parpadeo, recibido por el área de proyección visual del córtex, estaba sobrepasando límites. Sus ondas estaban desbordándose a otras áreas.

Las descripciones de percepciones subjetivas de quienes recibían los destellos fueron aún más intrigantes. Las descripciones variaban mucho de sujeto a sujeto. Los sujetos informaban de luces como cometas, colores ultravioletas, colores mentales, no unos estados visuales profundos.

En ciertos casos las impresiones eran particularmente intensas, pero sólo a frecuencias específicas (Walter, and Walter, 1949; Walter, 1953; Walter, 1954).

Desde entonces fueron publicándose cientos de investigaciones en revistas médicas demostrando las respuestas de seguimiento de las ondas cerebrales ante la estimulación de luz y sonido. Es el '*Entrainment*' el que permite a los usuarios de los aparatos megabrain recrear diversos estados de conciencia, incluyendo los de los maestros de Zen y los Meditadores Transcendentales (Figura 3.2.1).

3.2.4.4. La 'Máquina de Sueños' ('*Dream-Machine*') y 'Efectos Psicodélicos'

Los resultados de la investigación comunicada por Walter llamaron la atención, cómo no, de quienes por formación, vocación y práctica se situaban en la línea de las luces, sonidos y colores, como cabía esperar, es decir, de artistas y escritores. A muchos les atrajo el tema sobremanera. Entre ellos destaca el novelista americano William Burroughs. Fruto de estas inquietudes artísticas es que aparece, promocionado por Burroughs, un aparato llamado '*Máquina de Sueños*' ('*Dream-Machine*'). Burroughs (1974) describía así los efectos producidos por el aparato: Los sujetos hablan de luces deslumbrantes de brillo y color extranatural... Dan detalles de construcciones geométricas de complejidad increíble elaboradas a manera de mosaicos multidimensionales dentro de bolas de fuego vivo, parecidas a los '*mandalas*' del misticismo oriental o se descompone momentáneamente en imágenes aparentemente individuales y en escenas llenas de fuerza dramática parecidas a sueños brillantemente coloreados.

Con la introducción de los artistas, el tema se desmadra. La línea de investigación sería introducida por los citados Walter, et al., se quiebra un poco y queda ensombrecida. Son los turbulentos años 60s y 70s, años en los que mucha gente estaba interesada en la forma de provocar estados alterados, pero sin drogas. Paralelo a este interés se desarrollan otras investigaciones buscando el mismo fin y experimentando con drogas. Algunos encuentran otros efectos parecidos a los efectos psicodélicos en ciertas combinaciones de luz y sonido. Numerosas Salas de Fiesta y Nightclubs comienzan a usar luces estroboscópicas para dramatizar los efectos de una música que les impulse al baile y a la danza.

3.2.4.5. 'EEG' y 'Sincronización Hemisférica'

En esa vorágine surge un nuevo elemento. El '*Instituto Neuropsiquiátrico Langley Porter*', de San Francisco, contrata como investigador a Joe Kamiya. Se inicia con él el estudio EEG del Estado llamado por Kamiya (1968), '*Estado ALFA*', pero ahora con Biofeedback.

Con este nuevo elemento de investigación, los científicos continúan en su investigación sobre el influjo de la luz y el sonido. Surge el fenómeno de la sincronización hemisférica y el '*entrainment EEG*'. Los investigadores de los 60s y 70s revelan que tales efectos parpadeantes, sobre todo a ciertas frecuencias, parecen poseer poderes asombrosos. Y es, en estos momentos, cuando empieza a desbordarse el tema. Algunos científicos, muy poco serios, dicen haber descubierto que con tal estimulación podría obtenerse una variedad, a mi entender de forma prematura, de efectos beneficiosos. Deducen que podrían verse incrementadas las puntuaciones en el C.I., mejorado el funcionamiento intelectual. Incluso, se podría producir, con ayuda de estimulación, una mayor sincronización entre hemisferios cerebrales. Otros investigadores apoyan estas deducciones y dicen encontrar que esos efectos se ven incrementados con la adición de señales auditivas rítmicas y sobre todo se consigue un mejor y más sostenido '*entrainment*'.

En esta historia, ciertos avances tecnológicos, como los del cine, se han aprovechado rápidamente de estos estudios para estimular la fascinación humana con luces y sonidos rítmicos. En los 70s el estudio de los procesos bioquímicos está en su apogeo. Ya en los 80s, los avances tecnológicos también posibilitan a los científicos intentar comprender la manera en que luces y sonidos rítmicos influyen la actividad electroquímica del cerebro. Se intenta estudiar el fenómeno de la luz y el sonido bajo todos los aspectos. Los resultados son los estudios mencionados que tratan el 'entrainment' fótico y auditivo, y la sincronización hemisférica.

3.2.5. LOS PRIMEROS APARATOS MEGABRAIN

Tantas ideas y tantos datos, todos juntos encima de muchas mesas de trabajo, es normal que suscitaran la idea de su comercialización. Es un tema muy americano. Parece como que todo americano que tiene una idea intenta comercializarla y hacerse rico, y cuanto más rico y rápidamente, mejor. Surge así una etapa que ha durado más de 20 años y que ahora convendría quebrar y encauzar un poco: La etapa del desarrollo de los aparatos 'Megabrain', o 'Máquinas de la Mente'.

3.2.5.1. Jack Schwarz y su 'ISIS': Primer Informe Científico

En los primeros años 70s, Jack Schwarz, muy conocido en *E.E.U.U.*, por sus demostraciones de control de la mente consciente sobre las respuestas autonómicas y sus hazañas de autocuración y autorregulación, comenzó la comercialización de un aparato, que sostenía había sido desarrollado por él, y que él llamó 'ISIS'. Era un aparato que usaba fuentes de luces, de frecuencia variable, montadas en gafas, y combinadas con sonidos rítmicos con el fin de producir ciertos estados de conciencia claros.

Por estas mismas fechas, el científico Richard Townsend (1973), explorador del fenómeno de *Luz Sonido*, publicó un Informe Científico donde se describe un aparato para la presentación de estímulos consistentes en fuentes de luz montadas en gafas y que buscaban el 'entrainment' fótico.

3.2.5.2. Primera Patente: Inventores de Aparatos 'Megabrain'

En 1974, Seymour Charas, un científico de una Facultad del City College of New York, logra la 1ª patente de un aparato de estimulación de luz/sonido, combinados, que nunca se comercializó (Hutchison, 1990b). Y surgen los inventores de aparatos megabrain. En los 80s, los avances en microelectrónica son los catalizadores que permiten a los aficionados a la electrónica casera y a los inventores de garaje diseñar aparatos increíblemente sofisticados y complejos para producir un rico surtido de tonos, acordes e, incluso, frecuencias rítmicas. La microelectrónica permitía la elección de variedad de modelos de destellos e intensidades. También posibilitaba el poder ofrecer a los usuarios la selección de modalidades de interacción entre luces y sonidos. Los aparatos contenían programas prefabricados, diseñados, según declaración de sus creadores, para producir estados de conciencia concretos, y que podían ir desde los apropiados para provocar el sueño, hasta la meditación o una alerta extrema, con sólo pulsar un botón y dejarse ir. Así de sencillo. Algunos empezaron a permitir, incluso, al usuario el diseñar y guardar en la memoria computerizada del aparato variedades de sus propios programas. Y gracias a la electrónica estos

nuevos estimuladores de Luz/Sonido pudieron comercializarse en tamaños relativamente pequeños. Los primeros aparatos, a partir de transistores, eran de tamaño considerable, algunos del tamaño de una máquina de escribir y aún mayores. Los últimos modelos, como el '*DAVID PARADISE XL*' (Siever, 1995), no son mayores que una cinta de video.

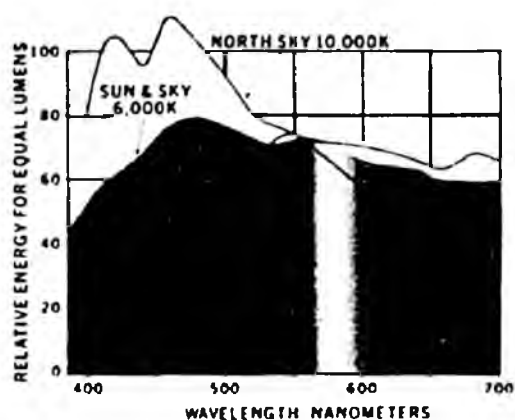
3.2.5.3. '*Primeras Generaciones*' de Aparatos Megabrain

Como aparatos que se basan en microchips, han seguido un desarrollo paralelo a los *PC's*. Por eso van apareciendo constantemente nuevas máquinas y nuevas generaciones de ellas. Actualmente existe una gran competencia. Los últimos avances incluyen tamaños más pequeños, mayor versatilidad y potencia, y bruscas reducciones de precios. Los modelos de última hora comercializados actualmente rondan la veintena en todo el mundo.

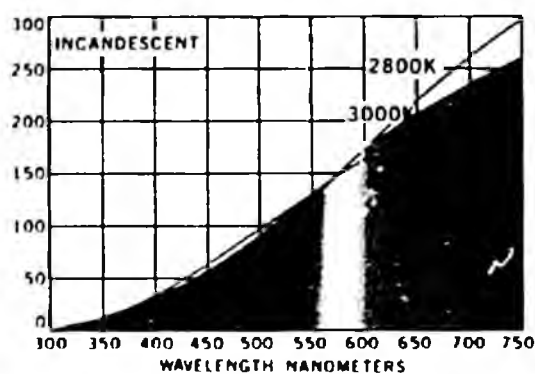
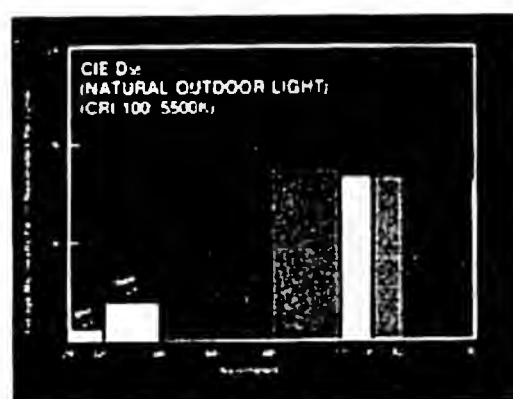
En un futuro muy próximo van a aparecer los aparatos de última generación, que van a permitir la estimulación de Luz/Sonido con capacidades de biofeedback y podrán enchufarse a los ordenadores. Facilitarán el captar la actividad hemisférica dominante y presentarla, a tiempo real, en la pantalla del ordenador. Y gracias a *Softwares* apropiados irán suministrando al usuario, conforme vayan consiguiendo los objetivos parciales que llevan al estado marcado como objetivo final, la frecuencia justa que le vaya metiendo en ese estado y consiga el '*Entrainment*' de la actividad de ondas cerebrales en la frecuencia objetivo. El '*Dreamwave*', ya comercializado, viene preparado con algunas de estas posibilidades. El '*Mind's Eye Synergizer*' (*Apéndice D*), también comercializado, posee un sinfín de aplicaciones, alguna de ellas en la línea anunciada para un futuro próximo. El '*Mind's Eye Synergizer*', con una combinación Hardware-Software, puede conectarse a un IBM PC/XT/AT 386 o a un clónico, y en plan laboratorio, dotado de sincronizadores audiovisuales, permite a los usuarios programar cientos de sesiones de cualquier longitud y complejidad, preprogramar cada ojo y oído independientemente. Esto permite ya efectos extraordinarios, tales como la combinación de frecuencias Alfa y Beta, o programar pulsaciones visuales, crear sonidos, acordes y pulsaciones en el ordenador con un sintetizador estéreo, y programar lo que la habilidad y conocimiento del experimentador le permita (Mann, 1995, Hutchison-Patten, 1990).

3.2.5.4. El futuro: Biofeedback, Ordenadores y Aparatos Megabrain

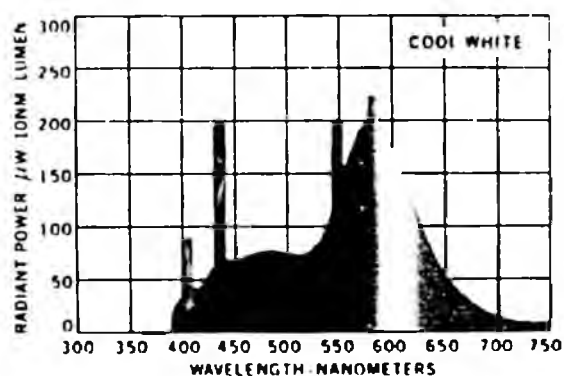
Todo esto hace vislumbrar el futuro cercano. Es lícito pensar que en un corto periodo de tiempo se comercializarán sistemas totalmente computerizados que en plan interactivo van a permitir al usuario colocarse fácilmente unos electrodos para monitorización *EEG* y otros indicadores psicofisiológicos como *EMG*, potencial de la piel, frecuencia cardíaca, temperatura corporal, respiración, etc., y visualizarlo todo, a tiempo real, en la pantalla del ordenador. Toda esta información podrá servir para proporcionar el tipo de estimulación de Luz/Sonido mejor en función de los objetivos. Así como seleccionar una electroestimulación craneal y selecciones de música digitalizada o sugerencias auditivas preprogramadas, inducciones hipnóticas o información para acelerar el aprendizaje. Los elementos existen ya, por separado. Falta quien diseñe un equipo compacto que lo haga a precios asequibles. Esto permitirá el almacenamiento de cientos de sesiones y pondrá al alcance del usuario el poder elegir los estados mentales o experiencias que desee, y que lo pueda hacer con la misma facilidad con que cambiamos de canal de TV, o visualizamos o volvernos hacia atrás programas grabados en nuestro video. La tecnología para tal sistema está ya desarrollada (Hutchison-Patten, 1990).



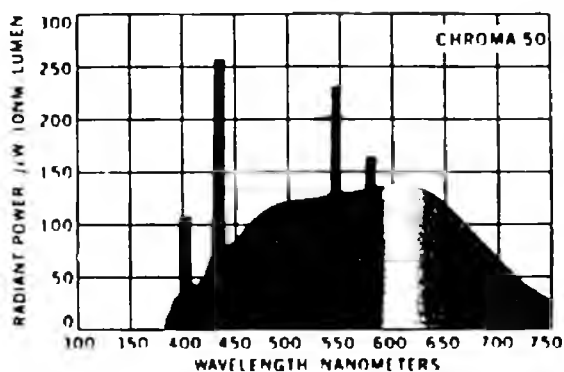
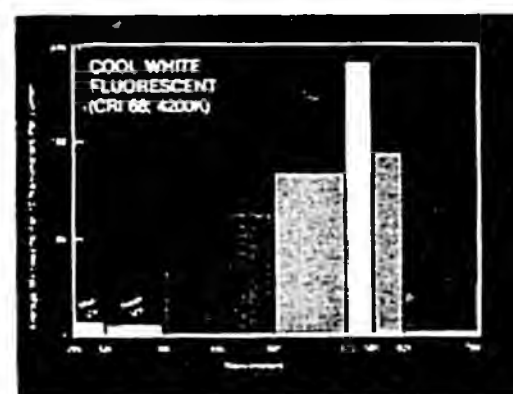
A



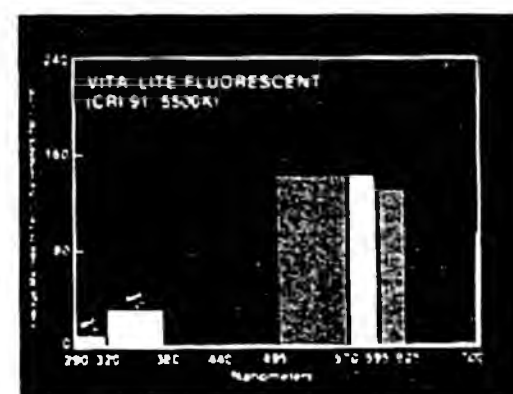
B



C



D



Color plate 20. Spectral power distribution charts. Left-hand charts reprinted with permission from General Electric Corporation. Right-hand charts reprinted with permission from Dum-Test Corporation.

Lo malo es que, existe un reproche muy fuerte: Falta investigación abundante y seria. La que hay hasta la fecha es poca y muy parcializada, y, en muchos casos, hecha en plan casi vergonzante.

3.2.6 LA LUZ DE ESPECTRO COMPLETO ('FULL SPECTRUM')

John Ott, es un investigador pionero sobre los efectos de la LUZ en los organismos. Entre sus afirmaciones podemos enumerar las que se refieren a los beneficios que la luz '*FULL SPECTRUM*' puede reportar en el tratamiento: del *Mareo típico del avión*, la *Psoriasis*, la *Ictericia*, el *SAD* (*Seasonal Affective Depression Disorder*), la *Reducción de la Fatiga*, el *Mejoramiento de la Agudeza Visual*, *Facilitación de la Absorción del Calcio*, y para *Resaltar la Concentración*, etc.

3.2.6.1. 'Luz de Espectro Completo': Curva de Distribución Espectral

Ott (1981) explica lo que hay que entender por '*LUZ de ESPECTRO COMPLETO*'. Significa luz similar, en su composición, a la luz del sol o luz en campo abierto. Es evidente que la vida en nuestro planeta ha evolucionado envuelto en luz, y también es evidente que todos los seres vivos dependemos de la luz del sol y del espacio, es decir, de la luz de espectro completo. Hablando en términos electromagnéticos esa luz de espectro completo es una mezcla combinada de las longitudes de ondas de color visible y las invisibles ultravioletas (*Figura 3.2.2, A*). Dicho espectro de la luz del sol puede graficarse como una curva (que podría llamarse '*Curva de Distribución Espectral*') que se mueve desde los niveles de irradiación extremadamente bajos, en las longitudes de ondas de las invisibles ultravioletas (UV), (entre 290-300 nanómetros), asciende rápidamente a través del violeta, alcanza el pico de irradiación en las longitudes de ondas del azul y el verde (de 440 a 570 nanómetros), empieza a decrecer de nuevo a través del amarillo, el naranja y el rojo (de 570 a 700 nanómetros) y finalmente se desvanece bruscamente hacia la nada a través del rango del invisible infrarrojo (800-1500 nanómetros)

3.2.6.2. 'Luces de Espectro Completo'

En la industria actual se fabrican algunos modelos de lámparas que, de alguna manera, se acercan, en su irradiación, a la '*Curva de Distribución Espectral*' de la luz natural descrita anteriormente. El mismo Ott, es el diseñador de alguna de esas fuentes de luz, como la fluorescente *ITTA-LITE*. Cuando en la literatura seria, y los libros de John Ott lo son, se habla de luces de espectro completo, se refieren exclusivamente a este tipo de luces muy especiales. En consecuencia, no son luces de espectro completo ninguna de las bombillas que empleamos en los variados usos domésticos, ni mucho menos las bombillitas que se emplean en ciertos aparatos de luz/sonido y en aparatos y juegos de niños o en árboles de Navidad. Esas bombillitas no son más que lamparillas incandescentes, de pequeño tamaño, pero semejantes, en su funcionamiento a las vulgares bombillas de uso doméstico. Se afirma esto con tanto énfasis, porque tanto unas como otras irradian su luz de un filamento que se va poniendo caliente hasta llegar a la incandescencia. La '*Curva de Distribución*' de estas lámparas/lamparillas incandescentes es muy diferente de la curva de la luz del espectro completo natural. La curva de irradiación de esas lámparas/bombillitas incandescentes se

mueve desde los niveles de irradiación, extremadamente bajos, de los rangos violeta y azul, se curva suavemente hacia arriba a través del amarillo y el naranja, y alcanza su pico en las frecuencias del rojo y las invisibles del infrarrojo (*Figura 3.2.2, B*).

Avanzando un poco más, podemos afirmar, en el contexto en el que nos estamos moviendo, que tales lámparas/bombillitas, como fuentes de luz, son relativamente ineficaces (Binnie, et al., 1984; Townsend, 1973). Su tiempo de encendido/apagado, (*on off*), es lento. Entre 30 y 300 milisegundos desde el encendido hasta su máxima brillantez. La luz visible que emiten tiende a concentrarse en la parte del rango rojo del espectro. La mayor parte de su emisión está en la forma de longitudes de onda infrarroja, que al final se traducen (entre otras cosas), en calor. De acuerdo con los expertos, y John Ott es uno de ellos, aproximadamente el 80% o más de la luz emitida por tales bombillas/bombillitas incandescentes se sitúa en la parte infrarroja invisible del espectro. Si tuviéramos que calificarlas diríamos de ellas que son '*muy rojas*'. Y lanzar afirmaciones que no tengan en cuenta este contexto, es alejarse mucho de lo que es la realidad física.

John Ott afirma, al parecer con total conocimiento de la materia, y otros expertos lo ratifican, que no existe en el mundo ninguna empresa, grande o pequeña, que fabrique y comercialice lámparas de luz de espectro completo, en el tamaño miniatura, de las bombillitas incandescentes al uso.

3.2.6.3. '*Aparatos Megabrain*' y '*Luces de Espectro Completo*'

En consecuencia, cualquier aparato de Luz/Sonido del cual se asegure emplear luz de espectro completo tendrá que demostrarlo previamente y explicarlo de forma convincente. De lo contrario, si no existe esa explicación cabe suponer que no se sabe lo que se afirma o se está exagerando, si no mintiendo. Los beneficios que proclaman producir sus aparatos, por el hecho de emplear luces blancas de espectro completo, no tienen apoyo en la realidad. No son sino simples reclamos comerciales faltos de todo apoyo empírico.

3.2.7. UNA POLÉMICA: '*LUCES BLANCAS*' vs '*LUCES ROJAS*'

3.2.7.1. Denis E. Gorges: *La Polémica*

En la historia de los aparatos Megabrain han surgido hechos que han contribuido a transformar el panorama y desarrollo de dichos aparatos de Luces/Sonidos. Y están, por una parte, los progresos tecnológicos y, por otra, los desarrollos en investigación en varios campos paralelos que permiten actualmente recrear, sin peligro y sin mayores esfuerzos, los estados de ondas cerebrales asociados con estados alterados de conciencia como son el estado de una relajación profunda o el estado de meditación. Básicamente, se emplean para ello tonos pulsantes y destellos de luz.

Últimamente, y suscitada por Denis E. Gorges, se ha planteado entre los diversos diseñadores y fabricantes de aparatos de Luces/Sonidos una curiosa polémica. Los aparatos emplean luces y sonidos, pero la polémica, nadie se explica bien por qué, ha afectado solamente a las luces. Y la controversia sobre la conveniencia de cuál es mejor fuente de luz para dichos aparatos de Luces/Sonidos, si las blancas o las rojas, sigue en pie (Hutchison, and Patten, 1990, Hutchison, 1990a).

3.2.7.2. 'Luz Blanca' vs. 'Luz Roja': Variables para una polémica

Para centrar la cuestión, aparte del color, luz blanca/luz roja, habrá que manifestar que el tema no puede plantearse en términos tan simples, como luz blanca frente a luz roja. Implicados en ese uso de fuentes de luz, están además del color, otras variables de las que muchos hablan, y que también tienen su importancia como podrían ser:

1. Frecuencia del parpadeo
2. Brillo/Intensidad de las luces
3. Duración/Anchura de los impulsos.
4. Ángulo de dispersión (*y distancia a los ojos*)
5. Color Rojo/Color Blanco (*Luces blancas rojas azules*)
6. Sintonía color/sonido
7. Rapidez del apagado/encendido (*on off*)
8. Filtrado de los párpados
9. Objetivo: Beta, Alfa, Zeta o Delta
10. Amplitud/Rango/Zona donde se sitúe la frecuencia elegida
11. Preferencia personal (*Cuál haya sido la 1ª experiencia*)
12. Expectativas: Efecto placebo
13. Aspecto divertido que ofrezcan (*Imaginería visual*)

Si la polémica quiere encauzarse por vías serias y apoyada en datos empíricos, tendrán que contemplarse, si no todas las variables enumeradas, al menos unas cuantas, que a todas luces, y nunca mejor dicho hablando de fuentes de luz, son muy importantes y de ninguna manera se puede prescindir de ellas, al menos de las 10 primeras. Y todas las afirmaciones que se hagan en torno a esta cuestión que no tengan en cuenta esas variables tienen que considerarse con mucha prudencia, y, desde luego, nunca como definitivas.

Tratando de enmarcar la polémica, habrá que acudir a los hechos de experiencia. Los datos empíricos hacen referencia, en cuanto al manejo de fuentes de luz, a las lámparas especiales de destellos. Estas lámparas son similares a las luces estroboscópicas que se han venido usando en las típicas salas de fiesta. Esas lámparas especiales producen luz blanca, con una acentuación en el final azul del espectro. Se han empleado para el estudio de los '*Potenciales Visuales Evocados*' (PVEs). Y se ha demostrado que son muy efectivas para producir las características '*espigas*' en los *modelos EEG (Ondas cerebrales)*.

Tales lámparas de destellos generan impulsos de luz muy cortos e intensos. Su rapidísima transición del apagado al encendido (su *on off*) tiene la gran ventaja de la rápida activación de muchos impulsos nerviosos, simultáneamente, en la retina. Su efecto se manifiesta en las bien estudiadas '*espigas*' de los PVEs.

Contempladas desde el punto de vista de su aplicación en aparatos de Luces/Sonidos tienen, como potenciales fuentes de luz en dichos aparatos, muchas dificultades: Fuentes de alimentación apropiadas, tamaño adaptado a las gafas, etc. Pero tal vez la más compleja, e inutilizante para este uso, sea que no ofrecen un sistema fácil de manejo de la intensidad. Por definición son *lámparas de destellos*, y la razón tiempo de *encendido apagado*, es prácticamente imposible de controlar. A esta gran dificultad hay que juntar dificultades de otro tipo como son las bajas expectativas de vida, con lo que arrastra de dificultad para su reposición.

3.2.7.3. Contrapunto: Los 'Diodos Leds'

El contrapunto, han sido los *diodos LEDs*. Son, como fuentes de luz, pequeños, y pueden reproducir cualquier forma de onda, sin distorsión (Townsend, 1973). En la actualidad los hay de varios colores: *rojos, verdes, azules*. De momento, sólo los rojos, los de alta potencia, y de luz superbrillante, no los ordinarios, de luminosidad débil, se acercan a alguna de las características de las lámparas de destellos. Pueden producir nominalmente, más o menos 450 candelas cada uno. Además facilitan el evitar algunas de las principales desventajas que plantean las luces estroboscópicas. Los *LEDs*, como las luces estroboscópicas, poseen una rapidísima transición del *apagado encendido (on off)*. Igualmente provocan la activación simultánea de un gran número de neuronas de la retina. La inducción de ondas cerebrales se puede producir con luces, relativamente débiles, lo cual supone un gran ahorro en varios aspectos. Y en esto poseen también una gran ventaja frente a las lámparas de destellos: La razón *encendido apagado* y la *intensidad* se pueden controlar, y de forma muy precisa, control que es imposible con lámparas de destellos y con las ordinarias bombillitas/bombillas incandescentes. Se pone así en manos del usuario el variar la anchura de los pulsos, variable que afecta muy directamente a la imaginaria visual en caso de que un terapeuta o un simple usuario necesite o quiera hacer uso terapéutico de dicha imaginaria para provocar sueños lúcidos o por simple diversión. Hay evidencia empírica que sugiere que, cuanto más anchura tienen los pulsos, más efectivos son, en relación especialmente, a los mas cortos, con intensidad media, cuando se trabaja con frecuencias bajas, Zeta/Delta (Kamp, et al., 1960). También se puede controlar el nivel de *brillantez*. Y esto parece que conserva su importancia. Austin, otro de los eximios diseñadores de aparatos '*Megabrain*' (Hutchison, and Patten, 1990, Hutchison, 1990a), asegura haberse encontrado con gente entre ambos extremos del espectro: Personas que piden el mínimo de brillantez y otros que piden siempre la máxima brillantez que se pueda suministrar.

Por otra parte, los *LEDs*, ofrecen unas expectativas de vida increíblemente largas, entre 50.000 y 100.000 horas, con tal de que las fuentes de alimentación estén bien ajustadas. Esto no lo igualan ni siquiera las vulgares lámparas de incandescencia. Los *LEDs superbrillantes*, además de ser extremadamente eficientes y fiables, son relativamente baratos.

La mayoría de las lámparas de incandescencia adolecen de una infortunada limitación. No pueden encenderse/apagarse muy rápidamente. Se debe esto al hecho de que el filamento, dentro de la lámpara, debe ser eléctricamente calentado antes de que pueda empezar a irradiar con la máxima luminosidad, proceso que requiere, en unos modelos más que en otros, como queda ya dicho, entre 30 y 100 milisegundos como mínimo. Y esto, hablando de bombillitas. Asimismo, el filamento debe enfriarse en un periodo de tiempo similar antes de apagarse totalmente. Ese ritmo hay que respetarlo. El intentar modificar ese ritmo, variando el grado de rapidez, lo que produce es una luminosidad que se aproxima a una onda senoidal deformada y entrecentrada, pero nunca alcanzando ya el total encendido/apagado. El resultado es un deficiente manejo del estímulo fótico.

Existe otro dato más. Se atribuyen especiales beneficios a la luz blanca de espectro completo. Pero algunos defensores de falsas luces blancas de espectro completo, que con esas lámparas no se consigue, omiten mencionar que la luz, sea del color que sea, tiene que pasar el filtro de los párpados. Los analistas hablan de que la luz, tras pasar la fina red de vasos sanguíneos ya no es blanca, tampoco roja, como creyeron algunos que por eso usaron *LEDs rojos*, sino una luz entre magenta/naranja/amarilla. Estas conclusiones se apoyan en estudios sobre cromaticidad. Y además, los párpados son estupendas pantallas difusoras desdibujando fuentes puntuales de luz hasta acercarse a un verdadero *ganzfeld* (Takashaki, and Tsukahara, 1979).

3.2.7.4. 'Bombillas' o 'Diodos Led's Rojos'

Tras esta introducción que tiene la intención de situar la polémica en términos más bien razonables, vamos a afrontar el tema desde la perspectiva de tres de los diseñadores más relevantes en el campo de aparatos de Luces/Sonidos. Hablo de David Siever, presidente de 'COMPTONIC DEVICES, Ltd', fabricante del 'David I', del 'David Jr.', del 'David Paradise XL', etc.; de Robert Austin, al frente de 'SYNETIC SYSTEMS, Inc.', fabricante a su vez del 'Mind's Eye', del 'Courier', del 'Synergizer', etc., y de Robert Robinson, fabricante de los 'InnerQuest' y el 'IQ Jr', etc.

Los primeros diseños, (grandes, feos, experimentales, poco operativos), iban equipados con luces blancas. La necesidad de diseños de gafas cada vez más sofisticadas ha llevado a los fabricantes al uso de pequeñas lamparillas incandescentes. Con la aparición de los LEDs algunos se decidieron por esta alternativa. Creo que la polémica desaparecerá cuando se disponga de LEDs blancos superbrillantes, con la misma potencia luminosa que hoy en día poseen los LEDs rojos de alta potencia.

David Siever emplea en sus aparatos luces blancas. La fuente de esa luz son unas lamparillas del tamaño casi de un grano de trigo, usados en tiempos, por el ejército americano. Poseen esas lamparillas un tiempo de respuesta de 0,4 milisegundos, tiempo enormemente inferior al tiempo *on/off* de las bombillitas incandescentes que se venden en cualquier tienda de componentes electrónicos. Las bombillitas que usa Siever, con su rapidez de respuesta de *encendido apagado* superan con mucho la rapidez de respuesta de los conos/bastones de la retina, tiempo más que suficiente para estimular los receptores. Tienen también 10.000 horas de vida. Pero confiesa Siever que son tremendamente caras y difíciles de conseguir. Pero son muy diferentes de las bombillitas incandescentes, que son de bajo coste y corta vida, y tienen tiempos de *encendido apagado* muy lentos, y que son usadas por ciertas máquinas de Luz/Sonido.

Otro punto, básico en esta discusión, es la consecución del efecto de seguimiento. Teóricamente, parece que todos están de acuerdo en que las luces de espectro completo, si se pudiera disponer de ellas, son las más efectivas para producir ese efecto de seguimiento, o '*entrainment*'. Como se ha dicho, la respuesta visual humana discurre entre los rangos de 390 a 700 nanómetros, con su punto central en torno a los 550 nanómetros coincidentes más o menos con el color verde. Y aquí empiezan, no las polémicas, sino las opiniones divergentes, pero, en realidad, no mucho. Siever enumera las que a su juicio son las reglas exigibles para que se pueda alcanzar el '*entrainment*' :

1ª. LA POTENCIA DEL ESTÍMULO: Para provocar la RSF es necesario que el ESTÍMULO tenga la potencia exacta para que el cerebro pueda detectarlo.

2ª. FRECUENCIA APROPIADA: La Frecuencia a la que trabaja el Estimulo debe situarse dentro de la Zona Rango apropiado para provocar la RSF.

3ª. LA FUENTE DE ESTÍMULOS tiene que mantener las características de esos estímulos de forma CONSTANTE si se quiere mantener al sujeto en el Estado de Conciencia alcanzado.

4ª. CONGRUENCIA ENTRE FUENTE DE ESTÍMULOS Y USUARIO: A la gente tiene que gustarle. Cada característica, el tono, las luces y todo lo demás, debe ajustarse al gusto del usuario (Hutchison, and Patten, 1990; Hutchison, 1990a).

3.2.7.5. *Final de la Polémica: 'Diodos Blancos' o 'Panel de Diodos'*

Los *LEDs rojos* emiten luz solamente en el final de la gama roja (650 nanómetros) del espectro visible. Y provocar la estimulación completa de los receptores del rojo, los conos rojos, requiere una intensidad considerable. Los *LEDs rojos superbrillantes*, no los ordinarios, cumplen esas condiciones. También se aventura la posibilidad de que se produzca una inhibición mutua si se estimulan los tres tipos de conos de colores simultáneamente, como ocurre con luces blancas (Binnie, et al., 1984). Además, esa inhibición, se produce a través de los ganglios y las células horizontales, que son los pasos donde los conos se interconectan antes de pasar a los centros de procesamiento óptico en el cerebro. Esta es una de las verdaderas razones por la que unos instalan *LEDs rojos* de alta potencia, en vez de luces blancas. Claro que el uso de *LEDs rojos*, no facilita la excitación del verde, que es un receptor muy disperso, ni del azul. Aunque no parece que haya necesidad de estimular los tres tipos de conos (Hubel, 1963). Mientras no se hagan operativos los *LEDs blancos* de alta potencia no queda más remedio, para obviar estas dificultades, que seguir con lo que hay, o crear un truco, como sería diseñar chips para emisores verdes, rojos y azules, montados, juntos todos ellos, en una sola plaqueta. Se crearía, al menos, la ilusión de luz blanca o muy cercana a ella. Claro que persistirían las dificultades de los ángulos de difusión, de unos 30 grados solamente en los *LEDs* a la distancia de 0.635 cm de los ojos. Esto afectaría al diseño de las gafas. La distancia entre los *LEDs* y los ojos tiene que aumentar sensiblemente, para aumentar también el ángulo de dispersión, camino emprendido ya por Robinson en sus últimos modelos de gafas.

Las lámparas incandescentes, con tal de que sean de buena calidad, como las empleadas por Siever en sus aparatos, se sitúan con su luz, en su máxima intensidad, al final rojo del espectro, pero cubre, aunque de forma más débil, todo el espectro visible. El filtro de los párpados elimina algunos de los colores de la luz blanca. Lo que se filtra es ya un color magenta/naranja/amarillo, combinación que se forma con el verde y azul, filtrados por la hemoglobina de la sangre y la luz roja filtrada por los otros componentes de la sangre del párpado (Binnie, et al., 1984, Dawson, et al., 1980).

3.2.7.6. *'Luces' y 'RSF' o 'Entrainment'*

A partir de estos colores se consigue un máximo de *Respuesta de Seguimiento* ('*entrainment*') de las ondas cerebrales. Pero también otro de efecto parecido, aunque no lo mismo, que el *efecto ganzfeld*, ya que el párpado actúa como pantalla difusora. Claro que no es efecto de un estímulo fijo, sino de luces destelleantes y con estimulación rítmica. La estimulación rítmica es algo diferente del *ganzfeld*. En opinión de Austin (Hutchison, and Patten, 1990), la estimulación rítmica produce *Respuesta de Seguimiento*, y también en cierto grado fastidio, cuando el ritmo es fijo durante un largo periodo de tiempo. Hay, pues, dos efectos. El aburrimiento/cansancio/habitación, y la *Respuesta de Seguimiento* que es más efectiva en el *rango Alfa*. Se puede medir, para comprobarlo, desde el *Zeta* al *Beta*, es decir, entre 3 y 20 ciclos/segundos. Una *Respuesta de Seguimiento* estricta, en la cual la actividad cerebral entra en fase con las luces destelleantes, parece que se produce, principalmente en *Alfa*. Aunque la actividad del cerebro se puede también medir en periodos ('*epochs*'). Para ello se toman medidas de unos pocos segundos, después, de otros pocos, y otros y otros..., y después se promedian mediante autocorrelación. Esto promedia la actividad cerebral y cuando se mide y se define de esta segunda manera, la *Respuesta de Seguimiento* es más fácil de detectar en otros rangos distintos del *Alfa*. Y aquí entra en danza otra variable que afecta a la *Respuesta de Seguimiento*. El ángulo de dispersión

de la luz, enunciado anteriormente, en lámparas incandescentes, es casi multidireccional. Los *LEDs*, por configuración y diseño, tienen un ángulo de dispersión más focalizada. Dependen un poco de la distancia a los ojos, pero se calcula un ángulo de 30 grados de expansión a una distancia de 0.635 cm. Además los *LEDs rojos* sólo estimulan una porción del campo visual total, a esa distancia. Pero como el ojo siempre está en movimiento en el campo visual, cuando parpadean y se enfocan, el punto rojo visto por el ojo está siempre revoloteando dentro del campo visual. Puede que el cerebro procese ese movimiento como información y que, en consecuencia, la *Respuesta de Seguimiento* se resienta, al menos, temporalmente. Aunque no todos comparten esa opinión y ponen en duda que se resienta la *Respuesta de Seguimiento* usando *LEDs rojos*. Robinson afirma haber llevado a cabo una serie de registros de *EEGs* en el Hospital NORTHWEST, estimulando con *LEDs rojos*, y encontró que la *Respuesta de Seguimiento*, no se veía afectada, sino que se alcanzaba sin dificultad y rápidamente (Hutchison, and Patten, 1990).

De acuerdo con todo lo dicho, en principio, las luces blancas, aunque mucho más caras, tienen que ser más efectivas para conseguir el 'entrainment' que las luces de los *LEDs rojos*. Otra cosa será, desde el momento en que se hayan generalizado los *LEDs blancos* de alta luminosidad.

Ayuda a conseguir esa máxima *Respuesta de Seguimiento* la completa coherencia entre impulsos luminicos y sonoros.

Otro aspecto de la polémica, es el tema de la nocividad de la luz roja frente a los beneficios proclamados para la luz blanca de espectro completo. Una cosa es clara. No hay ningún dato empírico que sustente la afirmación de que una exposición al parpadeo rojo de una fuente de luz como la de los *LEDs rojos*, durante 15, 20, 30 ó 40 minutos, pueda producir efectos nocivos (Takahashi, et al., 1976 y 1979).

Aún más, continuando con la polémica, a pesar de la poca investigación empírica, parece haber datos preliminares que aconsejan el uso de luces rojas intensas, por ser hasta 100 veces más efectivas que las luces blancas, para conseguir la *Respuesta de Seguimiento* de las ondas cerebrales (Binnie, et al., 1989). Un estudio reciente encuentra que la estimulación fótica basada en *LEDs rojos* de alta intensidad suministra alivio para el dolor de migrañas (Anderson, 1989), y otros beneficios. Los estudios son muy parciales y preliminares. También parece que las luces rojas intensas son muy adaptadas para provocar y controlar la imaginaria visual, y, si ampliamos la anchura de los pulsos, esos efectos aumentan. Este aspecto es importante para mantener el aspecto divertido de los aparatos, variable que suele agradar a muchos usuarios.

En cambio, en algún otro estudio se encontró que los *LEDs rojos* y los revestimientos del mismo color, aumentaban la ansiedad y el dolor. Y parece que los estímulos visuales blancos, azules y verdes producían efectos beneficiosos. En algún otro estudio, parece que llegan a la conclusión que la luz roja producía ansiedad y que la sensación de inquietud le seguía afectando a algún usuario varias horas tras cada sesión.

Por simple deducción, se supone que para usuarios fotosensibles, los *LEDs rojos*, aumentarán/agravarán la *Respuesta Fotosensitiva*, aunque no más que cualquier otra fuente de luz parpadeante (Takahashi, and Tsukahara, 1976).

3.2.8. INVESTIGACIÓN ACTUAL SOBRE INFLUENCIA DE LUZ/SONIDO (L/S)

3.2.8.1. Aparatos de Luces/Sonidos y primeros 'Claims'

Frente a la tecnología de Luces/Sonidos (L/S), existe un reproche muy fuerte. Los vendedores, y muy especialmente quienes ofertan dichos aparatos, argumentan sobre la cantidad de

virtualidades/efectos/posibilidades que se les atribuyen y que aparentemente deslumbran. Quien conoce los aparatos y los está usando, sin embargo, no acaba de comprender que sean verdaderas esas afirmaciones, al menos que esos efectos se den con la facilidad, rapidez y intensidad con que señala esa propaganda. Hay que proclamar y acusar que falta información veraz y, sobre todo, y esto es triste realidad, investigación abundante y seria. Entre los cientos y cientos de revistas de investigación y tras pasar horas y horas de búsqueda, uno se encuentra que los contados investigadores que hasta hoy se han atrevido a investigar y probar las virtualidades de los aparatos de *I.S* parece como que lo han hecho de tapadillo, o por compromiso de amistad, y siempre al margen de los cauces normales por los cuales discurre la investigación en los *Departamentos* a los que están afiliados. Sus informes son simples estudios piloto, o publicaciones menores, o meras comunicaciones verbales o telefónicas... Parece como que temieran, con fundamento, que los *Comités* no permitirían una financiación de tales investigaciones. A esos *Comités*, me temo, les parecería poco serio dedicar energías de hombres y dinero a investigar con esos aparatos. Y ahí estamos. De esas comunicaciones verbales y en esos estudios piloto, podemos encontrar que, forzando muchos las conclusiones, algunos investigadores/usuarios, que han empleado en sus estudios estos aparatos, más que asegurar, sugieren, que sobre la base de datos preliminares estos aparatos pueden usarse para producir rápidamente estados de profunda relajación, o incrementar la sugestibilidad y la receptividad de nueva información, o facilitar el acceso a material subconsciente. Ellos, al menos se mantienen en el terreno de las sugerencias, de las conjeturas, porque nadie ha usado los aparatos *I.S*, en una investigación exclusivamente para probar su eficacia. Unos han empleado sólo estímulos fóticos, otros estímulos auditivos, otros los aparatos *I.S*, pero como un elemento complementario junto con otros estímulos, como música especial, sugerencias. Por eso las conclusiones no pueden ser rotundas. Ellos saben que deben mantenerse en los términos planteados de sugerencias, conjeturas, que más que conclusiones científicas, son una especie de gritos de ánimo para quienes, a pesar de todas las dificultades, siguen trabajando en esa línea, con una ilusión y una constancia dignos de elogio. Aunque algunos también lo hacen por interés puramente económico. La venta de estos aparatos *I.S* moviliza muchos cientos de millones cada año.

3.2.8.2. *Reseña de Trabajos*

En unos rápidos trazos, vamos a resumir los trabajos más interesantes desarrollados desde 1980.

3.2.8.2.1. *Puesta a prueba de los aparatos*

En 1980, un equipo, dirigido por Thomas BUDZYNSKI, investigador en Biofeedback y en Clínica, estudió, en su Clínica de Denver, una de las primeras unidades comerciales de *I.S*.

Encontraron que: "...El uso de la unidad parecía aumentar/mejorar la inducción hipnótica, producir estados de somnolencia, parecidos a los estados hipnagógicos (en frecuencias ZETA), y, a veces, imágenes vividas de tipo holográfico". También comunicaron que les había servido, durante los procedimientos de 'rescripting', como "un facilitador de recuperación de material inconsciente". Haciéndole trabajar en el rango de frecuencias ZETA (3-6 Hz) parecía que podría ayudar a obtener recuerdos infantiles. Recuperados esos recuerdos, ellos usaban las máquinas, en la próxima sesión terapéutica, para facilitar la puesta al descubierto y 'rescripting' posterior del material traumático.

Otro procedimiento para el que les pareció que podría resultar útil sería para presentar al cliente, durante una sesión de *L.S.*, sugerencias grabadas en cinta. Según su propia técnica, la cinta comenzaba a funcionar con las sugerencias a niveles subliminales y poco a poco se incrementaba el volumen hasta llegar, tras unos 10 minutos de sesión, a estímulos supraliminales ya. Tras esto, las sugerencias continuaban aumentando en volumen, poco a poco, hasta alcanzar un nivel confortable de audición. También comunicaron haber comprobado la utilidad del aparato *L.S.* en la facilitación del estado *EEG ZETA*, básico para las sesiones de lo que se conoce como *Aprendizaje Crepuscular*.

En esta línea de Budzynski y su equipo, y por esas mismas fechas, Roman Chrucky, Clínico y Director Médico del Centro de Desarrollo de *New Jersey Norte*, en *Totona*, en comunicación verbal directa, aseguraba haber descubierto, al tiempo que Budzynski, et al., que este tipo de máquinas de *L.S.* producían un poderoso efecto tranquilizante, que duraba, incluso, hasta 2-3 días. Afirmaba haber notado que el uso del aparato mejoraba la inducción hipnótica y la sugestibilidad en general. Y en especial, aseguraba con asombro el Dr. Chrucky, que el empleo de *L.S.* facilitaba el '*Pensamiento Creativo*' (Budzynski, 1992).

El Dr. Gene W. Brockopp, investigador médico, de *Buffalo, New York*, es otro de los pocos investigadores, que ya muy pronto, 1984, toma en consideración los aparatos de *L.S.* que estaban en uso por aquellos años. Hutchison (1990) asegura haber tenido acceso a un manuscrito no publicado aún. Según Hutchison, Brockopp (1984), realiza, en la primera parte, una *Revisión de la Literatura* hasta esa fecha de 1984. En ese apartado incluía lo que, a su entender, estaba relacionado con la estimulación fónica y auditiva del cerebro, con la conciencia y la diferenciación hemisférica, y hablaba de las variables implicadas en modelos *EEG* y *personalidad*, así como del efecto conductual de modelos de estímulos inducidos.

Brockopp cree haber descubierto una serie de *IMPLICACIONES CLÍNICAS* en el uso de esta *estimulación fónica auditiva*. Uno de sus hallazgos fue que la coherencia del modelo *EEG* de alta frecuencia está, aparentemente, relacionada con el incremento del funcionamiento intelectual. Esto le llevó a la conclusión de que si el aparato de *L.S.* creaba y/o facilitaba la coherencia interhemisférica, eso podría llevar a un incremento del funcionamiento intelectual.

Encontró, además, que cuando se experimenta, se aprende y se practica, durante un cierto tiempo, un estado de ondas cerebrales, es resistente ese estado a la habituación, al menos a corto plazo. En esta implicación descubre Hutchison una explicación del porqué los aparatos *L.S.* parecen tener un efecto acumulativo: Tras una serie de experiencias con *L.S.* los usuarios parecen encontrar más fácil el autoprovocar, a voluntad, el estado de ondas cerebrales deseado.

En su manuscrito el Dr. Brockopp *ESPECULA* sobre una serie de *PROPUESTAS* de Investigación: Si la estimulación *L.S.* podría, tal vez, inducir activamente un estado de desactivación en el cual el cerebro estuviera pasivo, pero no dormido; despierto, pero no envuelto en el revoltijo de la existencia en curso. Si esto fuera verdad, sugiere, entonces, puede que ese sería un estado en el cual podrían diseñarse y desarrollarse nuevas estrategias cognitivas.

SUGIERE también Brockopp que si podemos ayudar a una persona a experimentar conscientemente diferentes estados de ondas cerebrales, dirigiéndolos con estimulación externa, también podremos facilitar la habilidad de los individuos para permitirles más variaciones en su funcionamiento mediante el desmenuzamiento de modelos a niveles neurocerebrales. Esto podría ayudarles a desarrollar la habilidad para cambiar velocidades, o trasladarles y mudarles de hábitos de conducta hasta llegar a ser más flexibles y creativos, y a desarrollar estrategias de funcionamiento más elegantes (Hutchison, 1990b).

En 1986, David Siever, prestigioso diseñador de aparatos *L/S*, logra asociarse al Dr. Norman Thomas, de la Universidad de Alberta, Canadá. El producto de esa asociación es un estudio sobre el *Efecto de la estimulación repetitiva visual/auditiva en la actividad*

esqueletomotora y vasomotora, dirigida por el Dr. Norman Thomas, que es un estudio, que aunque sencillo, está muy bien diseñado y controlado, y sus conclusiones ajustadas a los datos. A un Grupo Experimental se le administró estimulación visual/auditiva (con el empleo de un aparato 'DAVID') durante 15 minutos. A los sujetos se les registraba, al mismo tiempo, *tensión muscular*, mediante empleo de un *EMG*, y la *temperatura* en dedo. A un Grupo Control, registrado en las mismas variables, pero sin estimulación visual/auditiva, se les pidió, en esos 15 minutos de prueba, simplemente, que se relajaran y visualizaran una escena tranquila. Significativamente, los componentes de ambos grupos, tanto los del Grupo Experimental como los del Grupo Control habían sido categorizados como sujetos resistentes o no hipnotizables.

Los sujetos Control manifestaron haber tenido sensación de relajación. En contraste, los registros del *EMG* y de la *temperatura* del dedo mostraron que, contrario totalmente a lo previsto, dichos sujetos estuvieron experimentando aumentos de tensión muscular y disminución en la temperatura del dedo, variables asociadas con tensión o estrés. Por otra parte el Grupo Experimental que empleó la máquina de luz/sonido mostró incrementos espectaculares en relajación, alcanzando estados de profunda relajación que continuó durante largos periodos de tiempo después de la estimulación visual/auditiva. Los investigadores escribieron: "Se concluye que la relajación autosugestiva no es tan efectiva como la relajación provocada por estimulación visual/auditiva. La prueba electroencefalográfica muestra que se provoca, en los sujetos estimulados audio/visualmente, una respuesta cortical que sigue la frecuencia del aparato. Parece, pues, que la estimulación visual/auditiva ofrece un sencillo aparato hipnótico en, por otra parte, sujetos resistentes a ello" (Hutchison, 1990b).

En 1988, un anestesta, Robert Cosgrove, Jr., Ph.D., M.D., autoridad en productos farmacéuticos e ingeniería biomédica, emprendió, intrigado por la situación de los aparatos *L.S.*, estudios puramente descriptivos, sobre los efectos de la estimulación de Luz/Sonido. Empleó un 'ALPHA-PACER II'. En comunicación directa manifestó, como fruto de sus observaciones, que la estimulación visual/auditiva había sido, a todas luces, muy potente en su habilidad para causar profunda relajación en la mayoría de los sujetos. Su efectividad había sido tan llamativa, declaraba, que nos manifestamos muy entusiastas sobre la posibilidad de poner a prueba sus propiedades sedantes en pacientes antes, durante e inmediatamente después de una operación. Estamos también emprendiendo estudios, seguía diciendo, para probar su utilidad en estrés crónico. También estamos cuantificando, continuó Cosgrove, los efectos electroencefalográficos (ondas cerebrales, EEG...), tanto en voluntarios como en pacientes. Nuestros resultados preliminares muestran un fuerte 'entrainment EEG'. Se ha observado por nosotros que el aparato es un excelente ejercitador, con protocolos apropiadamente seleccionados, de circuitos neuronales. Según eso creemos que tiene gran potencial para su empleo en promocionar una actuación cerebral óptima. Además, son muy excitantes sus efectos a largo plazo provenientes del uso regular del aparato en el mantenimiento y mejora del funcionamiento cerebral a lo largo de toda la vida y posiblemente en el retardo, por décadas, del deterioro del cerebro tradicionalmente asociado con la edad. Proyectamos probar esta hipótesis en pacientes con daño cerebral cuando el grado de recuperación se haya probado está relacionado con el estímulo sensorial y cerebral, con los resultados que tienen implicaciones para un uso prolongado en cerebros, bajo el punto de la salud, normales (Hutchison, 1990b).

En 1990, Bruce Harrah-Conforth, Ph.D., de la Universidad de Indiana, comunicaba en carta a *Mega-Brain Report* que había terminado ya un estudio controlado, resultado de más de dos años de investigación en el campo del 'entrainment' cerebral. Empleó una máquina con posibilidad de conexión a un Ordenador, el 'MIND'S EYE PLUS' ('Apéndice D'). Diseñó el estudio con dos grupos de sujetos. El Grupo Control escuchó ruido rosa, con los ojos cerrados. El Grupo Experimental recibió estimulación de *L.S.* Encontró que el Grupo Experimental mostró alteraciones espectaculares en sus modelos EEG que respondían a la frecuencia del aparato de *L.S.* También

mostró ese mismo grupo evidencia de sincronización hemisférica. Como parte del estudio pidieron a los participantes que describieran sus experiencias subjetivas. De acuerdo con el Dr. Harrah-Conforth, los comentarios de los sujetos fueron descripciones tan típicas como: '*Perdí todo sentido de mi cuerpo*', '*Senti como que estaba volando*', '*Estaba profundamente relajado*', '*Senti como si estuviera fuera del cuerpo...*'

Como sugerencia del informe de Harrah-Conforth se puede llegar a deducir que los aparatos de luz/sonido puede que causen un arousal ergotrópico simultáneo o un arousal del sistema nervioso simpático y el córtex cerebral, asociado con experiencias creativas y de tipo éxtasis, o el arousal del sistema parasimpático, asociado con relajación profunda y la eterna, la modalidad oceánica, de la experiencia mística. En los humanos, Harrah-Conforth terminaba: "Estos dos estados pueden interpretarse como hiper- e hipo-arousal, o éxtasis o contemplación (*Shamadi*)".

En una carta aparte a *MBR*, Harrah-Conforth escribía: "Tengo pocas dudas de que la tecnología del '*entrainment*' cerebral es un medio altamente efectivo para inducir cambios en la conciencia". Continuaba: "El '*entrainment*' cerebral, al menos con los datos de mi investigación, se ha mostrado en si mismo virtualmente infalible y, en realidad, facilita experiencias de todo el cerebro". A pesar de que, *reconoce*, nuestra normal comprensión de la tecnología del '*entrainment*' cerebral está solamente en su infancia. Escribe en dicha carta: "Parece haber pocas dudas de que esta tecnología tiene un extraordinario futuro. La evidencia, la mía y la de otros, va claramente en la línea de que por estas máquinas se produce el '*entrainment*' de ondas cerebrales. Pruebas EMG han puesto también completamente en claro que uno de las consecuencias de este '*entrainment*' puede que sea la respuesta de relajación. Y los informes subjetivos van desde una mayor creatividad, hasta bellos viajes visuales, y hasta la actitud de alerta incrementada, y otros muchos estados". Concluía que: "Los primeros indicios son lo suficientemente fuertes como para pensar que esta tecnología que se está ahora desarrollando revolucionará profundamente nuestros conceptos de, y la interacción con, nuestra conciencia... La evolución de la conciencia humana es un proceso perceptiblemente manipulable. Podemos controlar nuestro destino... Podría parecer como que el '*entrainment*' cerebral estará entre las tecnologías que abren caminos" (Hutchison, 1990b).

En 1990, Julian Isaacs, Ph.D., colaborador de *MBR*, da cuenta a la revista del trabajo en el que él y un grupo de investigación están ahora embarcados. Se propusieron estudiar los efectos en las ondas cerebrales provocadas por aparatos de *L.S* y además examinar también otros aparatos que alteran la mente. Desde un principio han empleado tecnología punta de última generación: Un *EEG* para cartografía cerebral en color, con 24 electrodos, con software recientemente desarrollado, y que permite una medida extremadamente precisa y sensitiva y un análisis estadístico de la actividad eléctrica de todo el cerebro. Como *HALLAZGOS* preliminares, explican que se da una evidencia muy clara del manejo de las ondas cerebrales usando *LUZ SONIDO*. También sostienen haber encontrado una correlación muy alta entre la intensidad de las luces empleadas, (sean *LEDs rojos* o bombillitas incandescentes), y el '*entrainment*' cerebral: Cuanto más brillantes eran las luces, mayor era el '*entrainment*'. Mencionaron el caso de un aparato que habían puesto a prueba y que empleaba luces débiles. Detectaron que no tenía en absoluto capacidad para el manejo del cerebro.

Más observaciones: Según Isaacs, el '*entrainment*' en la actividad de ondas cerebrales y en el *raigo ALFA*, es de lo más fácil de conseguir. Manejar, en cambio, las frecuencias cerebrales más bajas, tales como las *ZETAs* (hecho discutido por los fabricantes en mesa redonda telefónica citada anteriormente), resulta mucho más difícil. Descubren otra evidencia *EEG* completamente clara: Que la gente que usa los aparatos de *L.S*, en realidad, pasan la mayor parte del tiempo de sus sesiones en *ZETA*. Frecuentemente, no obstante, la frecuencia *ZETA* dominante era muy diferente de la frecuencia *ZETA* que emite/marca las máquinas de *L.S*. *Isaacs* sugirió, como explicación, la posibilidad de que, mientras los aparatos pueden clara y rápidamente '*entrain*' la actividad de ondas

cerebrales en el rango *ALFA* bajo, lo que ocurre a continuación es que el cerebro llega a habituarse al estímulo repetitivo y el Sistema Reticular Activante, el control del volumen y la parte del cerebro que dirige la atención, simplemente se cansa del estímulo repetitivo y lo ignora, o llega a borrar (*blanks out*) la percepción consciente de las luces. Como resultado, el cerebro pasa al estado *ZETA* (Hutchison, 1990b).

3.2.8.2.2. Aplicaciones Clínicas de Luces y Sonidos

Dentro del campo clínico-terapéutico, también han aparecido algunos trabajos. Tratan con ellos de descubrir las potencialidades terapéuticas de la estimulación fónica y auditiva. También en este campo se descubre pronto que se ha hecho muy poco. Que los *Informes* son muy parciales, poco controlados y muy pocos. Esos *Informes* no aparecen apenas publicados. Son más bien, estudios piloto, con conclusiones que van más allá de lo que aconsejan los datos. Los pocos autores que han trabajado y trabajan en este área parece que afirman, pero en realidad simplemente aconsejan, sugieren, plantean..., que dicha estimulación y dichas máquinas de *L.S* podrían ser beneficiosas en el tratamiento de dolores de cabeza tipo migraña, de desórdenes en el aprendizaje, en el alivio del dolor, en el incremento de la función inmunológica. Los más entusiastas añaden un listado, aún mayor, de posibles efectos beneficiosos. Pero de investigación seria y controlada, casi nada. Los trabajos más interesantes se pueden resumir como sigue.

En 1989, tratando de descubrir el valor terapéutico de la estimulación fónica nos encontramos a D. J. Anderson (1989). Empleó este investigador estimulación fónica usando gafas con *LEDs* rojos. Trató a siete pacientes con dolores de cabeza tipo migraña. A ninguno de los pacientes les habían podido aliviar las migrañas con tratamiento farmacológico. Encontró Anderson que de 50 episodios de migrañas observados, los pacientes manifestaron que la estimulación fónica les había servido de alivio en 49 episodios como calificación general, y en 36 de esos 49, manifestaron los pacientes, el dolor se les había quitado con estimulación fónica. Y comunicó otro dato muy significativo y coincidente con otros reseñados anteriormente. Encontraron que cuanto más brillantes eran las luces, más efectivas eran para el alivio de las migrañas.

Otra investigadora, empeñada en encontrar Evidencias del Potencial Terapéutico de la Estimulación Fónica es Jill Ammon-Wexler, Ph.D., del *Innerspace Biofeedback and Therapy Center*, de Los Gatos, CA. En comunicación directa a *MBR* manifiesta haber empleado el aparato llamado '*LUMATRON*', inventado por John Downing. Este aparato lleva luz estroboscópica con filtros de colores para suministrar estimulación fónica rítmica en frecuencias variables y en longitudes de onda seleccionadas o bandas de color.

Ammon-Wexler (1989), comunica haber llevado a cabo un estudio controlado. Dispuso de 20 sujetos, todos ellos pacientes de diversas fobias. Declara que tras el proceso de 20 sesiones experimentales se produjo una notable resolución de los sistemas fóbicos de los sujetos. Parece que también constató, en general, evidencia de una mejora del autoconcepto, y reducciones, clínicamente significativas, tanto en ansiedad como en depresión.

Estos hallazgos le animaron a emprender otro estudio con el objetivo de descubrir la efectividad del '*LUMATRON*' y de una máquina de luz y sonido, el '*IM-1*' ('*Apéndice D*'), ahora, en el tratamiento de la drogadicción y como ayuda en el abandono de la adicción a las drogas. No tienen aún resultados (Hutchison, 1990b).

Los hallazgos de la Dra. Ammon-Wexler sobre beneficios médicos potenciales de la estimulación fónica, llegaron a conocimiento y encontraron eco recientemente en William Harris, MD. (1989), Director de la *PENWELL FOUNDATION*, una Organización para el estudio, investigación y aplicación de diferentes modalidades para el tratamiento de portadores del *SIDA*. Ha

experimentado, también en plan descriptivo, con el uso de una máquina de *L.S* (el '*IM-1*'). La encuentra extremadamente efectiva. De acuerdo con el Dr. Harris, el aparato era extremadamente efectivo para ayudar a los sujetos en un '*enfoque clarificador*', es decir, para aprender a aceptar y alcanzar una clara perspectiva del hecho de la enfermedad y sus ramificaciones. También encontró que el aparato ayudaba a los pacientes a caer dormidos más fácilmente (muchos enfermos de *SIDA* encuentran dificultad para dormirse), y a permanecer dormidos durante periodos más largos de tiempo, lo cual no sólo ayudaba a producir mayor relajación en general, sino que también permitía al hígado a desintoxicar el cuerpo de forma más efectiva. Ante estos hallazgos el Dr. Harris especuló que el aparato podría servir para aumentar/eleva la función inmune al producir estados de profunda relajación y, como fruto de esa relajación, incremento de la receptividad de los pacientes ante sugerencias para su curación y la mejora de la habilidad de los pacientes en la visualización y en la claridad de sus visualizaciones. "Todo esto es una conjetura, *dice Harris*, pero creo que este tipo de máquina puede realmente usarse para estimular... el cuerpo y que este produzca sus propias sustancias químicas", y que, a partir de aquí, estas sustancias naturales puedan mejorar la función inmune y la curación (Hutchison, 1990b).

En la década de los 90s, se ha renovado el interés por el control de los ritmos cerebrales. En las áreas del Biofeedback, de la Cartografía Cerebral, y, lo que nos interesa ahora, de las Máquinas *L.S*, se descubren aplicaciones a la epilepsia, desórdenes del aprendizaje, abuso de drogas. Indicativos de este renovado interés general reseñamos algunos.

A) Desorden Hiperactivo de Déficit de Atención.

En 1990, en el Annual Meeting, en Dallas, de la *Association of Applied Psychophysiology and Biofeedback*, Harold Russell (1990) comunica resultados de una nueva investigación. Había empleado aparatos *L.S*. Su investigación mostró que, trabajando el aparato a las frecuencias *BETA* (18-21), parece como que se mejoraba el funcionamiento cognitivo del *Desorden Hiperactivo del Déficit de Atención (ADHD)* en niños. Estos niños mostraban en el *EEG* cantidad de energía *ZETA* mayores de lo normal y menos energía de lo normal en la frecuencia *BETA*.

Recuerda Russell las investigaciones de Marion C. Diamond, et al. (1988), y especula que, a manera de los '*entornos enriquecidos*', la estimulación sensorial fótico/auditiva incrementaba el crecimiento dendrítico. En sus pruebas con sujetos con puntuaciones bajas, dicen haber constatado mejora hasta de 10 puntos en las pruebas, tanto *Verbales* (tras el entrenamiento del hemisferio izquierdo en sesiones de 40 y 30 minutos), como en pruebas *Manipulativas*, tras el entrenamiento del hemisferio derecho en las mismas condiciones estimulares. No consiguieron esas mejoras del *C.I.* en niños con puntuaciones altas *Verbales Manipulativas*. Complementarias a la estimulación *L.S*, los niños usaron cintas de relajación en sus casas cada noche.

Russell lanza una idea: Tal vez resulte eficaz la combinación de la estimulación *L.S* con el Biofeedback *EEG* actual para enseñar a niños, con *Desórdenes Deficitarios de Atención e Hiperactivos*, a autorregular estados de ondas cerebrales apropiados.

B. Biofeedback 'EEG' y 'Abuso de Alcohol'

Peniston y Kulkowski (1989), en un estudio sobre *Biofeedback EEG y Abuso del Alcohol* emplean máquinas de *L.S*. Comparan dos Grupos: Un Grupo Experimental de Alcohólicos, que recibió entrenamiento en biofeedback de ondas cerebrales *Alfa Zeta* y autoprogramación verbal y visual, con otro Grupo Control de no alcohólicos tratados de forma tradicional. El Grupo de

Alcohólicos recibió, como parte del tratamiento, en sesiones de 8-30 minutos, instrucciones en biofeedback de temperatura periférica, previo al entrenamiento EEG de ondas ALFA ZETA, que consistió en sesiones de 15-30 minutos de sesiones de EEG Alfa Zeta. Suponian que la habilidad para el calentamiento de manos y pies podría facilitar la aparición de ondas Zeta en el EEG. Los participantes en este grupo también fueron instruidos en entrenamiento autogénico. Después de esto comenzó el Entrenamiento en Biofeedback en ondas cerebrales, que se prolongó durante 3 semanas, 5 días por semana. Finalmente se les instruyó en la visualización de escenas de abstinencia y rechazo del alcohol. E igualmente se les instruyó en imaginerias de amplitud de ritmos Alfa incrementados y en escenas de normalización de sus personalidades. Al tener adquirida la habilidad para entrar en el Estado Zeta los participantes podrían ahora sumergirse en él, tomando las escenas imaginadas con ellos.

Los participantes del Grupo Experimental mostraron incrementos significativos en porcentajes de Grabaciones EEG de ritmos Alfa y Zeta, y amplitud Alfa incrementada. Frente a los del Grupo Control mostraron bruscas reducciones en depresión autoevaluada. Un seguimiento de 13 semanas confirmó la prevención sostenida de la recaída en los alcohólicos. Esto completo el entrenamiento en Alfa Zeta y 'reprogramación'.

"Varios grupos de investigadores han estudiado el fenómeno de la energía alfa disminuida en los alcohólicos e incluso en los hijos de los alcohólicos. Tras un episodio con alcohol es probable que los alcohólicos muestren un incremento en la cantidad de ondas alfa. Peniston-Kulkowski observan que estos hallazgos sugieren que al menos algunas personas con predisposición al alcoholismo están caracterizadas por una deficiente actividad Alfa. Y aún mas, estos individuos puede que sean especialmente vulnerables a los efectos del alcohol si la bebida les posibilita alcanzar un estado psicológico reforzante asociado con incremento de la actividad alfa. En otras palabras, los alcohólicos e incluso los hijos de alcohólicos, podrían aparecer que tienen hiper-arousal cortical en el estado de sobriedad. Aparentemente, este nivel de arousal del cerebro desciende hasta un estado normal con la ingestión del alcohol. La aparición de cantidades incrementadas de Alfa señala este decremento en el arousal cortical desde el estado Beta usual. En otras palabras, Beta decrece, Alfa aumenta. Si el hiper-arousal cortical es la razón psicológica central de por qué algunos alcohólicos muestren tendencia a beber, entonces, tal vez, el entrenamiento L.S a la frecuencia Alfa pueda resultar de ayuda en prevenir la recaída con estos individuos" (Budzynski, 1992, p 8)

C. Estimulación Fónica e Imaginería

Richardson y Mc Andrew (1990), intentaron descubrir la relación entre estimulación fónica e imaginería consiguiente (inducida). Trabajaron con estímulos fónicos a las frecuencias de 6, 10 y 18 Hz. Como muestra, dispusieron de 40 mujeres universitarias, divididas en dos grupos, uno con puntuaciones altas en la 'Private Self-Conscious Scale' (PSC), que mide el interés habitual en los estados internos propios, y otro grupo con puntuación baja y poco interés en ese conocimiento. Con las frecuencias de 6 y 10 Hz, las imágenes se manifestaron más complejas que a las frecuencias de 18 Hz. En cuanto a grupos, ambos manifestaron mayor imaginería en las frecuencias de 6 Hz. El grupo de Alta Puntuación en PSC produjo una imaginería mayor y más florida que el otro grupo de Puntuación Baja en la PSC.

En la misma línea de los anteriores podemos citar un estudio previo, de tipo puramente descriptivo, realizado por J. Glicksohn (1986). Comunica que expuso a 4 sujetos a una estimulación fónica en la frecuencia de 18, 10 y 6 Hz. Dos de los cuatro experimentaron un estado alterado de conciencia. Glicksohn explica que en ese estado alterado el sujeto nota un cambio cualitativo respecto al modelo normal de funcionamiento. Ambos sujetos informaron de imaginería visual

inducida por la estimulación fótica y presentaron respuesta impulsora ante la señal de 10 Hz. Pero lo más interesante de este informe son las prematuras conclusiones que entusiásticamente saca de su estudio:

1. Persistencia *Alfa* e *imaginaria visual* son incompatibles;
2. y es el *cambio* en la *actividad Alfa* (mediante impulso), y no la *actividad Alfa* en sí, lo que favorece/propicia un estado alterado.
3. La aparición de imaginaria visual no es, ni necesaria ni suficiente, como indicador de un estado alterado; y
4. si no se provoca una respuesta impulsora, el sujeto no experimentará un estado alterado.
5. Si se provoca una respuesta impulsora ante la estimulación fótica de 10 Hz puede que se induzca una experiencia *Alfa* y
6. el cambio de la *Actividad Alfa* propicia tanto la imaginaria como la inducción de un estado alterado.
7. Sólo se obtuvo un éxito parcial al intentar manejar el *EEG* a 6 Hz, llevando a Glicksohn a concluir que un estado alterado inducido es específico de un estímulo impulsor de 10 Hz.
8. Un sujeto informó de haber sentido efectos táctiles durante la estimulación a 6 Hz, a pesar de que no se provocó una respuesta impulsora. Walter y Walter (1949) ya informaron de sensaciones cutáneas (cosquilleo, picores) y de experiencias emocionales a la frecuencia de 6 Hz.

D. Coherencia Hemisférica y Estimulación Fótica

La pregunta inicial podría ser: ¿Afecta la estimulación de *L.S* a la coherencia hemisférica? El término coherencia se refiere al grado en que la frecuencia *EEG* dominante del hemisferio cortical izquierdo está en fase con la frecuencia *EEG* dominante del hemisferio cortical derecho. Una serie de investigadores han observado que en individuos normales, durante la conducta de atención, se incrementa la coherencia *EEG*.

Donker, Nij, van Leeuwen y Wienke (1978), demostraron que con estimulación fótica de 10 Hz la coherencia del ritmo Alfa era más alta en normales que en pacientes con diagnóstico de epilepsia. Estos datos demostraron también que la máxima coherencia se encuentra en las zonas occipitales, mientras que las zonas temporo-parietales no mostraban un grado de coherencia significativo.

Hoovey, Heinemann y Creutzfeld (1972), ya encontraron anteriormente una importante variación en la coherencia en fase en el ritmo Alfa. También encontraron que el grado de coherencia en fase estaba muy relacionado con la coherencia en amplitud interhemisférica de las ondas Alfa individuales, y que ambos valores mostraban una variabilidad inter-individuos enorme. De estos resultados se podría muy bien concluir que el cerebro no manifiesta habitualmente un alto grado de coherencia. Estos datos coinciden en algo con resultados encontrados por Donker, et al. (1978), que sugieren que la estimulación fótica puede que aumente la coherencia, al menos, en la zona occipital.

En contra de la opinión propuesta y defendida por Adrian y Yamawaga, (1935), y mantenida durante muchos años, que asumía dos generadores independientes de ondas Alfa en los dos hemisferios, Hoovey, et al. (1972), establecieron que "parece como si los generadores subcorticales de ondas Alfa tuvieran un sensor que impide que las ondas Alfa en los hemisferios se desincronicen

más de 20 msec. Si se sobrepasan tales diferencias permitidas, se activa el mecanismo que impulsa a los generadores hacia el estado en fase".

Uno puede concluir de estos estudios que la coherencia cerebral tanto en fase como en amplitud del *EEG*, varía según zonas y bandas. Al ocurrir primordialmente en el *EEG* dentro de la banda Alfa y en la zona occipital, puede incrementarse mediante manejo fótico.

E. Estimulación Audio-Binauricular

¿Puede obtenerse el '*entrainment EEG*' con sonidos solamente? En su Tesis Doctoral, D. S. Foster (1990) encuentra datos y referencias que pueden avalar una respuesta acertada.

Foster distingue entre las técnicas de *Biofeedback* y *Pulsaciones Binauriculares* en la manipulación del *EEG* en Alfa. Deja sentado que "el Biofeedback de ondas cerebrales Alfa se considera una técnica de autorregulación de la conciencia, mientras que la estimulación por pulsaciones binauriculares en la frecuencia Alfa se considera una técnica de manejo de la conciencia".

Aunque la existencia de investigación sobre el fenómeno de pulsaciones binauriculares está bien documentada con Oster (1973), Foster anota que la aplicación de la estimulación mediante pulsaciones binauriculares como manejo de la conciencia apenas ha recibido atención de los investigadores (Atwater, 1988).

Origen de la Experiencia de las Pulsaciones binauriculares

Conocemos que la experiencia de poner un tono de frecuencia dado en un oído y un tono ligeramente diferente en el otro oído produce la percepción de un tercer tono que es diferente en frecuencia a los dos tonos. Por tanto, si se pone un tono de 200 Hz en un oído y un tono de 210 Hz en el otro podría causarle a uno la percepción de un tono '*pulsante*' de 10 Hz. Foster establece que esto es debido a que, "...se origina una respuesta del tallo cerebral auditivo, en el Núcleo de la Oliva Superior de cada hemisferio. El ritmo surge de la interacción de dos impulsos auditivos aferentes, que tienen su origen en oídos opuestos, por debajo de 1000 Hz, y que difiere en frecuencia entre 1 y 30 Hz". La diferencia en tono se experimenta cuando dos formas de ondas entran y salen en fase dentro de los Núcleos de la Oliva Superior.

Oster (1973), dice que el primer empleo constatado de las pulsaciones binauriculares data de 1839. El originador fue el investigador alemán, H. W. Dove. Hoy en día, el fenómeno de las pulsaciones binauriculares viene empleándose por algunos elaboradores de cintas como medio para producir estados relajados en los oyentes. Foster examina en su tesis, el grado en que estas pulsaciones binauriculares, en la frecuencia Alfa, pueden llevar a un incremento en Alfa. Encuentra que estas pulsaciones binauriculares producen, en realidad, un incremento en la ocurrencia de Alfa, pero, no obstante, otro grupo que oía sonidos de olas, artificialmente producidos, también mostró un incremento comparable en Alfa. Estos dos grupos no diferían significativamente. Los sujetos encontraron que les parecía más posible incrementar Alfa concentrándose en la pulsación binauricular.

F. Asimetría Cerebral

El interés por las máquinas de *L.S* se refuerza con los estudios sobre la asimetría cerebral. Según todos los testimonios, esta investigación puede que tenga implicaciones importantes para el

campo de la estimulación *L.S.*, y en concreto cuando se trata de las diferencias en la energía *EEG* dentro de ciertas bandas entre el hemisferio izquierdo y el derecho. Destaca en este estudio y en el empleo de *L.S.*, Richard J. Davidson, con un equipo de colaboradores. Han realizado muchos estudios, de los cuales deducen interesantes conclusiones:

1. **LA ASIMETRÍA CEREBRAL FRONTAL PREDICE LA REPUESTA INFANTIL A UNA SEPARACIÓN MATERNAL:** El *EEG* cuando se grabó de zonas craneales fronto-parietales izquierda y derecha de 13 niños normales de 10 meses de edad mostró activación mayor de la área frontal derecha en niños que gritaban durante un breve periodo de separación maternal. Niños que no gritaban mostraron significativamente menos activación en esta zona. Conclusión: *La asimetría frontal en activación EEG puede que sea un indicador, independiente del estado, de diferencias individuales en umbral de reactividad ante sucesos estresantes y de vulnerabilidad ante emociones particulares.*
2. **ACERCAMIENTO-RETIRADA Y ASIMETRÍA CEREBRAL:** Encontraron que medidas craneales *EEG* de la activación estaban asociadas con las expresiones faciales de acercamiento-evitación. Se encontró que el disgusto, comparado con la expresión de felicidad, estaba asociado con la activación de la parte derecha en la zona frontal y antero-temporal. En contraste, la felicidad, comparada con la situación de disgusto, se acompañaba con la activación del lado izquierdo en la zona antero-temporal (Davidson, Ekman, Saron, Senulis, and Friesen, 1990).
3. **¿PUEDE LA ASIMETRÍA CEREBRAL PREDECIR UNA RESPUESTA EMOCIONAL ANTE PELÍCULAS?:** Parece ser que sí. Al apoyarse la fuerza de la asimetría Alfa en las zonas frontales izquierda/derecha, significativamente predecían un afecto negativo global autoinformado en respuesta a los clips filmicos, provocando afecto positivo y negativo. Conclusión: *El apoyo de la asimetría anterior puede que sea un índice, independiente del estado, de la predisposición del individuo a responder afectivamente* (Tomarken, Davidson, and Henriques, 1990).
4. **¿PUEDE LA ASIMETRÍA CEREBRAL EEG DISCRIMINAR ENTRE SUJETOS PREVIAMENTE DEPRIMIDOS Y SUJETOS CONTROLES SANOS?:** Este estudio mostró que individuos previamente deprimidos (normotímicos) tenían menos activación en el lado izquierdo anterior y menos en la parte derecha posterior (es decir, más actividad Alfa), que sujetos nunca deprimidos. Los sujetos deprimidos previamente no tenían historia de tratamiento farmacológico y no diferían de los controles en estado emocional al tiempo de la prueba (Henriques, and Davidson, 1990). Conclusión: *Los patrones de asimetría anterior y posterior en sujetos previamente deprimidos son similares a los que encontramos en sujetos agudamente deprimidos lo que sugiere que este puede ser un indicador de la depresión, independiente del estado.*

G. Comentario Global

La nueva tecnología como la de la *Cartografía Cerebral EEG* (*Neurosearch 24, BEAM*, etc.) que cuantifica de forma precisa y convierte las señales *EEG* superficiales en señales topográficas, los displays de los *Análisis de Fourier* y otras señales en imágenes, ayudarán a detallar

exactamente qué efectos se producen en el cerebro durante la estimulación L.S. "*La pregunta importante que aún necesita una respuesta más definitiva es qué efecto tiene realmente la estimulación de L.S en el cerebro, en términos de 'entrainment' y en la mejora de la coherencia*" (Budzynski, 1992, p.13).

3.2.9. BALANCE TRAS 20 AÑOS DE 'MÁQUINAS DE LA MENTE': Ideas de futuro

3.2.9.1. La polémica luces blancas vs. luces rojas: Ideas de Futuro

En este tema, han desfilado los autores más significados, que bajo la perspectiva de las '*Máquinas de la Mente*', tienen algo que aportar. En el '*Apendice D*', se reseñan las máquinas que han estado a la venta, y las que actualmente aún se ofrecen a los potenciales usuarios

En el desarrollo del tema se ha resumido la '*extraña*' polémica sobre luces blancas vs. luces rojas. La planteó Denis E. Gorges. Sin entrar en honduras, el juicio que tal polémica me merece, es que nunca debió plantearse en los términos cuasijudiciales en que se intentó dilucidar, sino en el plano estrictamente científico e investigativo. Pero esa polémica produjo algunos efectos positivos. Los diseñadores más directamente aludidos por los alegatos de Gorges, como podrían ser Austin, Siever y Robinson, se pusieron en comunicación, dialogaron, serena y sinceramente. Hablaron de luces, de gafas, de colores, y también de sonidos. Sobre la mesa surgieron las decepciones, los fracasos, pero también los ilusionados proyectos de futuro. Incluso, aparecieron los afanes por llegar pronto a compatibilizar todos los periféricos de los aparatos: Conectores, cables, bases de enchufes, gafas... Los dialogantes lo acogieron con entusiasmo. Igualmente, obviando la acritud de la polémica, cada uno de los contertulios, puso en común, y aportó sus ideas en torno al tipo de luces, y diseño de gafas, y la forma de ir tras la consecución de sonidos, lo más cercanos posible a los sonidos naturales. Apuntaron, además, a la informatización total, mediante el uso de equipos complejos, que aprovechando la potencialidad de los ordenadores, esperaban que fueran capaces de animar a los investigadores, tanto en el campo de la puesta a punto de las '*Máquinas de la Mente*', como en el de sus posibles aplicaciones clínicas.

3.2.9.2. Balance tras 20 años de '*Máquinas de la Mente*'

Esos 20 años parecen muchos años, pero en realidad, bajo el punto de vista de la investigación, se han saldado con simples amagos de puesta a punto de las máquinas y de elementales parodias de proyectos de investigación.

a) La Puesta a Punto de las Máquinas

Tras 20 años, las reseñas de autores e investigaciones sobre el tema son muy escasas. Prácticamente se han recogido las aportaciones más significativas. En los resúmenes se puede constatar, además, que se subraya que los investigadores, tras los estudios de dichas máquinas, *parece que atisban, creen haber descubierto, intuyen, observan de forma descriptiva, y no mucho*

más. A partir de ahí, ellos mismos manifiestan, que *se puede sugerir, especular, hablar de hallazgos preliminares...* Y eso es todo.

Tal vez, el investigador más concreto, haya sido Julian Isaacs. Resumiendo, podemos recordar que llega a las siguientes conclusiones:

- 1) En cuestión de luces, y sin entrar en polémicas para él ya superadas, el tema de la intensidad de las luces es fundamental: Si no se supera un cierto umbral bajo, su efecto es relativamente nulo. Manejando la intensidad apropiada, las máquinas relajan.
- 2) Alcanzar el *estado Alfa*, es decir, relajar a una persona, es relativamente fácil, sin máquinas, y también con máquinas. Conseguir el *estado Zeta*, no es fácil de ninguna manera, sea cual sea la estrategia que se emplee. Las máquinas tampoco facilitan mucho la consecución de ese objetivo.

Tras la lectura de las '*investigaciones*' reseñadas, queda clara una idea. Es cierto que los autores son pocos, y las investigaciones, a las que se hace referencia, son también muy escasas y muy poco controladas. Ni siquiera se pueden encontrar auténticos '*Informes Científicos*'. Pero, en las comunicaciones directas, en los estudios pilotos, en las investigaciones tentativas y descriptivas, esos autores no encuentran en las citadas máquinas, ningún tipo de contraindicaciones. Ésta es ya una aportación muy importante. Y no sólo eso, sino que alguno de ellos confirma seguir usándolas, y otros animan también a que surja alguien que se decida a entrar en serio en el tema de la validación de las tales máquinas.

b) *Las aplicaciones Terapéuticas.*

También en esta área, los autores *sugieren, aconsejan, especulan...*, que dichas máquinas, tal vez, puedan resultar beneficiosas en el tratamiento de dolores de cabeza tipo migraña, en desórdenes de aprendizaje, en el alivio del dolor, en el incremento de la función inmunológica, en la mejora del C.I.... En el fondo, se puede decir que la relajación trae consigo la mejora en esos trastornos. Pero ningún autor llega a afirmar, con la seguridad que suministran datos, válidamente comprobados, que las máquinas producen esos efectos.

Como colofón al tema se puede concluir que hace falta mucha investigación, tanto en el campo de la puesta a prueba de las '*Máquinas de la Mente*', como en el aspecto de su efectividad terapéutica. Sólo así se podrán lanzar, justificadamente, los oportunos '*claims*', si esos efectos beneficiosos se confirmaran.

Y aquí estamos nosotros, asumiendo ese reto, e intentando comprobar, si tales máquinas son, al menos, capaces de relajar, y de hacerlo rápidamente.

3.3. RESPUESTA NEUROMÉTRICA AL ESTRÉS

3.3.1. Las Hipótesis del Estudio

En la parte introductoria se ha tratado de recrear el contexto tecnológico e investigativo, en el que surgen los primeros diseños y desarrollos de las que luego se llamarían '*Máquinas de la Mente*'. El elenco de temas, desarrollados convenientemente en la introducción, se ha seleccionado teniendo delante la propaganda que acompaña a su anuncio, normalmente a todo color, bien es cierto que en revistas muy especiales, y no precisamente en las categorizadas como científicas y serias. En dicha propaganda se prometen y aseguran mejoras evidentes y mensurables del C.I., y, como consecuencia, del progreso de la Inteligencia; se asegura, también, una apropiada estimulación del cerebro, ya que se le habla en los lenguajes que le son propios, como serían el lenguaje electrónico o el electromagnético; además, se ofrece a los usuarios la posibilidad de aprender a condicionar, mediante la oportuna bioretroalimentación de las ondas EEG, cualquiera de las funciones corporales; e, incluso, van más lejos, y llegan a sugerir que, con un uso continuado de esas máquinas, los usuarios serán capaces de reequilibrar el sistema inmunológico, cuando por una razón o por otra, ese sistema se halle deteriorado... En la Justificación de tales temas se han expuesto las serias dudas que suscitan, no los logros científicos conseguidos y contrastados, y los objetivos a los se puede aspirar, sino la adecuación de la estimulación suministrada por las '*Máquinas de la Mente*', para alcanzar esos objetivos, científicamente legítimos.

A pesar de las reservas expuestas, vamos a aceptar la propaganda de las '*Máquinas de la Mente*', tal y como aparecen dichas máquinas contextualizadas, y, sobre todo, tal y como nos las presenta su marketing, en cualquiera de sus documentos y anuncios de apoyo. Y más en concreto, vamos a fijarnos en la propaganda que acompaña a la venta en castellano de las máquinas/aparatos diseñados y comercializados por Denis E. Gorges, y, a la vista del listado de sus '*claims*', teniendo en cuenta las condiciones de luces y sonidos, estructuradas esas luces y sonidos, en el '*programa máquina*' nº 7, vamos a formular, y poner a prueba, las siguientes hipótesis, como respuesta a los objetivos enunciados en la formulación del problema que ha suscitado esta investigación:

1ª. *Los aparatos relajan*, en el sentido más amplio y directo del término y, tal y como se entiende normalmente dentro de las estrategias de relajación que se manejan en los ambientes psicológicos, y, además de relajar, esa relajación, puede detectarse a través de la medición de los correlatos más comunes y usuales, de este estado de conciencia.

2ª. *Los aparatos relajan rápidamente*: Suponen un acortamiento importante en la consecución de esos estados de conciencia, y ofrecen, a profesionales y no profesionales, un medio excelente para obviar el tedio y largo tiempo de dedicación que exige un aprendizaje aceptable de la secuencia de los, a veces, difíciles programas de entrenamiento en técnicas de relajación, y abren una ventana a la posibilidad de que cualquier persona pueda fácilmente aprovecharse de los beneficios de esos estados de conciencia.

3ª. *Los aparatos relajan y su relajación perdura*: Esos efectos, propios del estado de relajación, además de alcanzarse rápidamente, perduran en el sujeto, en unos más y en otros menos, reportando con ello beneficios para el bienestar general de los sujetos.

4ª. *Se alcanza una mayor potencia cerebral, como fruto de la sincronización cerebral provocada por los aparatos*: Los sujetos, así relajados, alcanzan una mayor potencia cerebral, y precisamente, como fruto expreso de la sincronización cerebral provocada por el '*programa máquina*' nº 7, o por cualquier otro programa de los diseñados, ya

que estimulan convenientemente ambos hemisferios, y ponen al cerebro a trabajar en niveles superiores de eficacia.

5ª. *Los sujetos tienen la sensación de que se encuentran relajados y en calma:* Algunos sujetos son capaces de verbalizar esa sensación de bienestar, y otros, sobre todo quienes no tienen experiencia en técnicas de relajación, no verbalizan apenas nada, pero manifiestan sentirse bien.

3.3.2. Justificación de la Hipótesis

Quien formula las anteriores hipótesis confiesa ser usuario, desde hace tiempo, de estas máquinas de la mente. Y las sigue y seguirá aún usando. Y además confiesa que ha experimentado miles de veces, y en algunas ocasiones con el uso de dichas máquinas, en qué consiste el estado de relajación profunda. E igualmente manifiesta que conoce el esfuerzo que supone un correcto entrenamiento en las técnicas de relajación básicas. Queden estas confesiones como justificación general de las anteriores formulaciones y como deseo ferviente de que se lleguen a comprobar y verificar experimentalmente, con una muestra de sujetos.

Se parte, en la formulación de las anteriores hipótesis, del reconocimiento y convicción de que, la base de todos esos efectos y beneficios que se prometen, vienen mediatizados por la consecución del estado de relajación, y es a partir de esa relajación, si se produce y es lo suficientemente adecuada y profunda, cuando será posible que se produzcan algunas de las 'virtualidades' que se autoatribuyen dichas máquinas.

Y esta convicción persiste, a pesar de que se citan muchas demostraciones, y abundantes testimonios, de todo tipo de personas, y en distintos contextos, aludiendo a la solución de todo tipo de problemas. Todas esas demostraciones y testimonios apuntan en la misma dirección: Las 'máquinas de la mente' son maravillosas y producen maravillas. Pero no se aporta ni un solo dato de la validez y fiabilidad de sus efectos.

En la presente investigación, tras estudiar el contexto tecnológico y demostrativo, en el que se mueven, y manejando casi los mismos instrumentos de estimulación, de detección y registro que ellos también, con total y casi dogmática convicción, dicen y aseguran emplear, es decir, manipulando, manejando y controlando sus mismas armas, y animados por el entusiasmo y curiosidad que el uso personal e reiterado de tales aparatos ha despertado en los miembros del equipo, esperamos encontrar resultados confirmatorios para establecer, al menos, un atisbo de su validez y fiabilidad. Para comprobarlo se van a comparar sus efectos con los producidos por una situación experimental que va a actuar como Grupo Control. También, aprovechando la situación experimental, se van a poner a prueba los efectos de dichas máquinas, comparándolos, además, con alguna otra técnica de relajación, de cuya efectividad y adecuación para producir relajación, pocos psicólogos pueden dudar, como la relajación 'tipo Jacobson'. Se van a introducir en el diseño otras dos variantes. En la propaganda paralela se habla de música que relaja, y que aconsejan emplear junto con los aparatos megabrain, por resultar muy relajante. Incluso algún aparato, como el que se va a emplear en la presente experiencia, dice estimular al sujeto con impulsos electromagnéticos, junto con las luces y los sonidos. Por eso se va a emplear un tratamiento que está dispuesto a cumplimentarse exclusivamente con impulsos electromagnéticos, de la misma naturaleza e intensidad a los que ellos dicen emplear en sus aparatos, para ver si ese tipo de impulsos producen realmente efectos de relajación.

Y todos estos objetivos los esperamos demostrar desarrollando la metodología que se propone en el siguiente apartado.

II. MÉTODO

4. LÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN

M É T O D O

4.1. SUJETOS

4.1.1. Población

En una primera etapa del proyecto nos propusimos poner a prueba la tecnología neurométrica trabajando con una amplia población marco. Nos ilusionamos con abarcar un área estudiantil, en distintos niveles de enseñanza, el Universitario y el de EGB-BUP, y por otra, una población trabajadora, toda ella empleada de la misma Universidad. Dadas las dificultades impuestas por la instrumentación empleada, no nos fue posible llegar hasta este tipo de población tan amplia y diversificada, sino que hemos tenido que limitarnos a una *población accesible, y estrictamente universitaria*. Además, el tipo de mediciones que nos propusimos realizar entran dentro del campo de las variables psicofisiológicas. Consideramos que no necesitábamos muchos sujetos. La variación intersujetos tendría que darse dentro de unos límites muy concretos.

Ofertamos la posibilidad de participación a los diversos cursos de la Facultad de Psicología. Los sujetos que la componen sobrepasaban en el curso 1993-94 los 930 elementos, de los cuales son mujeres el 70%, y el resto hombres, el 30%, con edades comprendidas entre los 18 y 25 años, como tónica general (Memoria Académica, 1992-93).

4.2. Muestra

Al final de un breve proceso de información y descarte conseguimos para la realización de este experimento, el compromiso firme de colaboración de 20 sujetos, 14 chicas y 6 chicos, todos ellos voluntarios y estudiantes de la Facultad de Psicología. Sus edades se distribuyen según esta secuencia: 5 de 18 de años; 2 de 21; 5 de 22, 4 de 23; 1 de 24; 1 de 30, 1 de 42 y 1 de 45. La media de edad es de 23.7 años.

Con ellos procedimos a su asignación a cada uno de los grupos, 5 en total, que desarrollarían un tipo diferente de Secuencia de Tratamiento, tal como se explicará en el Apartado de Procedimiento. Previamente a la asignación teníamos formadas, al azar, las cinco Secuencias, cada una de ellas compuesta de cinco tratamientos. Ahora procedimos a la asignación, también al azar, de cada uno de los sujetos a una de las secuencias.

4.2. VARIABLES

El objetivo último de la investigación que estamos presentando, es comparar, entre sí y frente al Grupo Control, la efectividad de ciertas estrategias experimentales para producir lo que se conoce como estado de relajación. Sin olvidar esta finalidad, buscamos medir variables, (V_s , D_s), que en la literatura del tema, muestran fuertes evidencias de ser correlatos psicofisiológicos de dicho estado de relajación. Por eso nos decidimos por unas medidas estrictamente psicológicas y por otras psicofisiológicas.

4.2.1. Medidas Psicológicas: 'STAI-E' (State-Anxiety Inventory)

Este cuestionario nos resultó atractivo. Es un instrumento fácil (20 ítems sencillos), rápido (6-8 minutos), y suficiente para detectar el estado de ansiedad, en un momento concreto, como contrario al estado de relajación. Interesaba captar la fluctuación en ese estado de ansiedad entre la situación "antes" de cada tratamiento y la percibida al terminar, "después", cada sesión experimental.

El 'STAI', es una escala normalizada con muestras de Bachilleres y Universitarios. Se adaptaba a la muestra manejada aquí por nosotros. Su *fiabilidad Test-Retest*, para la ansiedad rasgo, 'STAI-R', es de .75, que es satisfactoria. Para la ansiedad estado, 'STAI-E', es solamente de .30, que es un poco baja, pero, por definición, y puesto que la *ansiedad estado* fluctúa, no es una medida apropiada. No obstante, la *fiabilidad de la consistencia interna*, para ambas escalas es .90, que es de lo más alto que puede esperarse. Además, correlaciona muy alto con la *Escala 'IPAT'*, (*Anxiety Scale*, Cattell y Schaefer, 1963), .75, y con la 'MAS', (*Manifest Anxiety Scale*, Taylor, 1953), .85. Estas dos escalas ofrecen pocas dudas de que miden la ansiedad rasgo. Pero estamos hablando de la ansiedad estado. Ahora bien, la validez aparente de los ítems del 'STAI-E', y su similitud con los del 'STAI-R', añadido a su uso continuado y frecuente, están a favor de la validez de esta escala como medida de la ansiedad estado. Bastaba con esto, y por eso la hemos elegido.

4.2.2. Medidas Fisiológicas

Dentro de los posibles correlatos psicofisiológicos del estado de relajación, como fruto de la respuesta de relajación, nos encontramos con respuestas electrodermales, cardiovasculares y encefalográficas. Desechamos las respuestas electrodermales y nos decidimos por las otras dos, que son un tipo de correlatos psicofisiológicos que todos los autores catalogan como los más evidentes y primarios.

A) Medidas Cardiovasculares:

El Sistema cardiovascular está formado por el corazón, los vasos sanguíneos (arterias y venas), y el tejido linfático. Su función específica es el bombeo y distribución de la sangre oxigenada hacia todo el organismo, y la eliminación de los productos de desecho por medio de la sangre. La función en sí es autónoma y está controlada por el SNA. Puede evaluarse a través de diferentes índices. En Psicofisiología las medidas más relevantes son la *Tasa Cardíaca (TC)*, la *Presión Sanguínea (PS)*, y el *Flujo Sanguíneo*.

Este sistema puede alterarse en algunos de sus componentes. Hay alteraciones que tienen, a veces, una base orgánica, pero, por lo general, los problemas cardiovasculares son de tipo funcional. Se generan por la reacción del sujeto al estrés ambiental.

Nos decidimos por la *TC* y la *PS*.

a) *Tasa Cardíaca (TC)*: Sin tratar de entrar en discusiones, vamos a entender la *TC*, en el estricto sentido de '*Frecuencia del Pulso*', o del '*número de latidos por minuto*'. Es una de las medidas autonómicas más utilizadas en Psicofisiología. En Electrocardiografía, la *TC* se obtiene contando los ciclos de respuesta cardíaca (*Sístole-Diástole*). Se apoya exclusivamente en las grandes espigas asociadas con la contracción ventricular. Los aparatos van equipados con contadores automáticos que convierten la señal *ECG* en un voltaje proporcional a la *TC*.

b) *Presión Sanguínea (PS)*. Hay varios factores que están detrás de la PS. Los más principales son la cantidad de sangre que es bombeada y la fuerza con que se hace, junto con la resistencia periférica (resistencia de todos los vasos sanguíneos en la circulación sistemática, formada por un sistema de arterias y vasos pequeños, como arteriolas y capilares). La resistencia está relacionada con los fenómenos normales de la vasoconstricción y la vasodilatación, fenómenos regulados por el SNA, y, además, con los mecanismos de autorregulación, muy sensibles al metabolismo del cuerpo.

La presión máxima de la sangre, o '*Presión Sistólica*' (PSS), se produce al contraerse el ventrículo izquierdo del corazón. Tras esta contracción se produce un periodo de relajación del ventrículo, durante el cual la presión de la sangre se sitúa en su nivel medio mínimo. La '*Presión Diastólica*' (PSD) es la medición en este momento. La forma más común de detectar y evaluar estas variables es mediante el *Esfigmomanómetro*.

La unidad estándar se realiza en milímetros de mercurio, abreviado, '*mm Hg*'. La presión de la sangre, típica para un estudiante de universidad sano, es de '*120 mm Hg*', '*Presión Sistólica*', sobre '*80 mm Hg*' de '*Presión Diastólica*'.

Aparte de los enunciados como principales hay otros factores que también condicionan la PS: Suelen ser éstos la edad, la dieta, la postura, el peso...

Un concepto más: A la hora de registrar datos, se puede uno fijar en lo que se llama la '*Presión del Pulso*', que es la diferencia entre las '*Presión Sistólica*' y la '*Diastólica*'.

Cuadro 4.1: Clasificación de la PS establecida por la OMS

	Sistólica (mmHg)	Diastólica (mmHg)
Hipotensión	Menos de 100	Menos de 60
Normal	Entre 100 y 139	Entre 60 y 89
Límite	Entre 140 y 159	Entre 90 y 94
Hipertensión	Más de 160	Más de 95

En el caso de un Universitario, de tipo medio, esa presión típica sería de *40 mm Hg* ($120-80 = 40$).

No obstante, lo más común, es fijarse, a la hora de los registros, no en la '*Presión del Pulso*', sino en la '*Presión Sanguínea Media*', que sería la '*Presión Diastólica*' más un tercio de la '*Presión del Pulso*'. Así, un estudiante con *120 mm Hg* y *80 mm Hg*, tendría una '*Presión Sanguínea Media*' aproximadamente de 93 ($80 + (40:3) = 93.33$). Nosotros hemos seguido esta segunda forma de registro.

Tanto la '*TC*' como la '*Presión Sanguínea*' las hemos medido automáticamente con un *Esfigmomanómetro* electrónico, como se reseñará después.

B) Medidas Electroencefalográficas: El '*EEG*'

Nuestros cerebros son órganos que utilizan la electricidad. Existen, en consecuencia, unos impulsos eléctricos muy débiles que están siendo generados continuamente por las células cerebrales. Estos diminutos flujos eléctricos normalmente tienen un voltaje de alrededor de unas millonésimas de voltio ($50\mu v$). Por eso son tan difíciles de captar y medir. La interferencia eléctrica que los electrodos captan de las redes eléctricas que nos rodean es cientos de veces mayor que los débiles impulsos eléctricos generados por nuestros cerebros.

El sistema electroencefalográfico, o simplemente *EEG*, es una técnica de registro de las variaciones en los potenciales eléctricos captados mediante electrodos apropiados, normalmente adheridos al cráneo, ya sea comparando un electrodo activo, con otro, también activo, (método

bipolar), o uno activo con otro de referencia o neutro (método unipolar), colocado en cualquier parte del cuerpo

Nuestro *EEG*, se ha obtenido mediante electrodos adheridos a la superficie del cráneo siguiendo el método unipolar. Pretendemos captar así lo que se llama el *EEG* espontáneo, esas variaciones rítmicas originadas por las variaciones periódicas de los potenciales sinápticos y dendríticos de grupos de neuronas corticales, presentes continuamente en la superficie del cráneo. No pretendemos captar y registrar las formas de ondas de la actividad *EEG* discreta, que está producida y sigue, ya sea a una estimulación concreta, o precede y acompaña a una acción (*Potenciales Evocados*).

Para identificar las fluctuaciones periódicas vamos a seguir la costumbre de nombrar los típicos patrones de ondas cerebrales, mediante letras del alfabeto griego: Beta, Alfa, Zeta, Delta

El interés principal se ha centrado en el '*ritmo ALFA*'. La mayoría de la gente, con sólo cerrar los ojos e intentar relajarse, empieza a producir ondas rítmicas entre 8 y 12 Hz. Este ritmo puede captarse simultáneamente en una amplia zona del cráneo. La distribución de la amplitud sobre el cráneo no es uniforme. La amplitud mayor se produce en la zona posterior del cráneo, va decreciendo hacia el centro y es muy débil en la parte frontal. La presencia de este '*ritmo ALFA*' se ha relacionado con el estado de relajación.

Hay además, otros ritmos típicos y bien reconocibles. Cuando uno está alerta, se observan variaciones de alta frecuencia y bajo voltaje que pueden oscilar entre 18 y 30 Hz. Es el '*ritmo BETA*'. Estos ritmos son muy difusos. Aparecen en todas las zonas craneales, pero marcan su máxima amplitud en zonas precentrales y frontales.

Ritmos adicionales de la actividad *EEG* espontánea incluyen las ondas o '*ritmos ZETA*' (5-7 Hz), las ondas o '*ritmos DELTA*' (0.5-4 Hz), y también las '*ondas Gama*' (30-50 Hz), que no han sido objeto de este estudio.

El registro del *EEG espontáneo*, en las variaciones enunciadas, tenía para nosotros un interés muy especial. Si las diversas estrategias que se han empleado, especialmente con los instrumentos llamados '*Máquinas de la Mente*', realmente inducen alivio del estrés y relajan, ese estado tendrá su correlato *EEG*, que podrá captarse y registrarse, en el ritmo Alfa (8-12 Hz)

4.3. INSTRUMENTOS

El detectar, medir y registrar las variables descritas, y generar aquellas otras que cumplimentan los diversos tratamientos experimentales, exige un instrumental, no excesivamente complicado, pero que si presenta una cierta complejidad. Para implementar esta múltiple finalidad se han empleado diversos aparatos e instrumentos:

4.3.1. Aparatos Presentadores de Estímulos: Los empleados para generación y control de las situaciones estimulares han sido los siguientes:

1. '*Synchro-Energizer*'

Hemos usado el '*Modelo Satellite 4X*', según desarrollo y patente exclusiva de Dennis E. Gorges, de Cleveland, Ohio. Esta máquina no es programable.

La máquina viene equipada con 10 programas fijos. El rango de tiempo de los programas va desde 15 minutos hasta los 60. Antes de decidimos por uno de ellos, estuvimos probando durante muchos días, todos ellos. Desechamos, por su duración o por ser muy cortos o muy largos, unos

cuantos, y nos centramos en los programas 3, 5 y 7. Los tres tienen una duración de 20 minutos. Finalmente nos decidimos por el programa 7º, cuyo título es '*Meditación y Concentración*'. Le percibimos como el más agradable y relajante. Los cambios de ritmos en las frecuencias de luces y sonidos resultaban menos bruscos, tanto cuando funcionan en forma sincronizada como alternada derecha/izquierda. Además, la combinación de frecuencias, *Beta-Alfa-Zeta-Delta-Zeta-Alfa*, como se puede ver, gruesamente desarrollado en el *Cuadro 4.2*, se ajustaba, por tipo de frecuencias y tiempos de cada una de ellas, a nuestros propósitos.

Cuadro 4.2. Tipo de frecuencias del programa máquina nº 7

β - α - - θ - δ ----- θ - α -----
S---A----- S-----A-----
.....
β = Beta; α = Alfa; θ = Zeta; δ = Delta
S = Sincronizados A = Alternados

Los auriculares son estéreo y de buena calidad. Vienen marcados con una R o una L, oído derecho/izquierdo, para que no se produzcan cruces y cambios. Las gafas son del tipo soldador. En vez de cristales vienen equipadas con un plástico que soporta por dentro cuatro pequeñas bombillas incandescentes. Situadas en círculo, van protegidas por la parte de los ojos con una pantalla de plástico que cumple la función difusora de los leves destellos

2. '*Colchoneta Electromagnética*'

Nos ha servido como soporte básico sobre la que descansaban todos los sujetos durante la aplicación de todos los tratamientos. La colchoneta en sí, es, aparentemente, una colchoneta normal de goma espuma forrada en tela color rosa, de 7 centímetros de grosor, 180 de larga y 70 de ancha. En su interior tiene, especialmente diseñadas tres bobinas, unidas entre sí en serie, una en la parte de la cabeza, otra en el centro y la restante más hacia los pies. Estas bobinas se han activado solamente con el tratamiento nº 2, *Grupo Colchoneta*, a₂, cuya aplicación se ha implementado, precisamente con este estímulo electromagnético, durante 20 minutos. Se activa con un pequeño aparato, alimentado con una pequeña pila, tipo petaca, de 9 voltios, y generador de leves impulsos electromagnéticos. La potencia es de 1.5 Gauss a la distancia de un metro. Un temporizador regula la frecuencia: Los 15 primeros minutos, a una frecuencia de 8 impulsos por segundo, y los cinco últimos, a 4 impulsos/seg ('*Apéndice E*')

3. '*Magnetófono*'

Hemos empleado un sencillo aparato *Auto Reverse 'AIWA'*, estéreo, modelo *DSL, Dynamic Super Loudness*. Su función ha sido muy concreta y sencilla. Nos hemos servido de él para completar varios tratamientos. En las situaciones de *Grupo Control*, a₁, y *Grupo Colchoneta*, a₂, ha suministrado 20 minutos de '*ruido blanco*', con el cual hemos procurado eliminar ruidos externos. En el *Grupo Jacobson*, a₃, en la cinta estaban grabadas instrucciones sobre *Relajación Progresiva*, tipo *Jacobson*, recogidas de *Cantela-Groden* ('*Apéndice C*'). En total, 20 minutos de grabación.

Finalmente, en la situación *Grupo Synchro - Música*, a₅ el magnetofón ha emitido música, mezclada con los sonidos y luces de la máquina, durante los 20 minutos de la experiencia. La cinta elegida lleva el título de *'Intuición'*, compuesta e interpretada por *Arden Wilken* (Barcelona: Lilah, 1990). Se comercializa como música para relajación.

4.3.2. Aparatos Captadores/Registradores de Señales: Para la captación y registro de las señales emitidas por los sujetos en cada tratamiento como respuestas a las situaciones estimulares, se han empleado:

1. 'Ordenador Personal'

Hemos dispuesto de un PC, marca *Caddy*, modelo *Intel-486*, con pantalla Philips de alta resolución, disco duro de 180 Mb, y 8Mb de memoria RAM, aparato suficiente para el soporte informático del *Brain Tracer* y demás paquetes Estadísticos y Gráficos, como el *Word*, el *SSPS* y el *Harvard Graphics* para *Windows*, paquetes que nos servirán para completar el estudio

2. 'Esfigmomanómetro'

El aparato empleado es un *'Electronic Digital Blood Pressure Monitor'*, modelo *DS-91*, que utiliza sistema de auscultación electrónica, con un rango de medición desde 0 a 300 mmHg., y con una precisión de medida de presión de ± 3 mmHg. Es el aparato de uso exclusivo del Laboratorio de FICE. Con este aparato se registró la *Presión Sanguínea Sistólica (PSS)* y la *Diastólica (PSD)*, así como la *Frecuencia Cardíaca (Pulse rate)*, tanto antes como después de la aplicación del tratamiento, pues queríamos saber si variaban tras cada tratamiento. Estas mediciones son frecuentes al examinar estados alterados de conciencia y en concreto como correlatos de la respuesta de relajación.

3. 'Brain Tracer' (BT)

Definición y descripción:

El *BT* ha sido desarrollado por técnicos holandeses, que han aprovechado, por una parte la circuitería y los esquemas de los aparatos diseñados para usos médicos, y por otra, los conocimientos que actualmente se tienen sobre el funcionamiento electrocerebral. Viene definido por sus diseñadores, en su Manual, como un sistema de medición versátil y de biofeedback (biorretroalimentación) que permite al usuario observar, en la pantalla de su ordenador y, en tiempo real, las Ondas Cerebrales. Pero el *BT*, advierten los creadores, no está diseñado para usos neurológicos o de diagnóstico.

El *BT* ofrece también diversas posibilidades, como por ejemplo, la de examinar y analizar los trazos de las Ondas Cerebrales (tales como las bien conocidas *Ondas ALFA*) que se registran y guardan en el disco duro del ordenador. Presenta, frente a otros aparatos análogos de *EEG*, que todos conocemos, una diferencia muy importante: El *BT*, gracias a un microchip especial y a un sofisticado software, trabaja de forma digital y se nos ofrece como un fenomenal sistema, y a bajo coste, aplicable a un PC. Y a partir de aquí, uno puede olvidarse ya de las agujas, las tiras de papel milimetrado, los Plotters... Pone en marcha lo que se llama ya la *'Tecnología del EEG sin papel'*. El

sistema *BT* proporciona una demostración clara de la actividad de las ondas cerebrales, empleando para ello, a la vez, gráficos y sonidos, recursos que sólo eran posibles de manejar hasta ahora con aparatos de elevado coste. Permite también mostrar cómo esa actividad de las ondas cerebrales va cambiando en un periodo determinado de tiempo. Por ello el *BT* puede utilizarse como herramienta de gran utilidad en muy diversas tareas: entrenamiento, técnicas de relajación, proyectos de investigación, seminarios. Hoy se vislumbra la posibilidad de poder influir directamente en nuestro propio estado de conciencia.

Pero, además, hoy en día, existen técnicas e instrumentos que dicen conseguir efectos muy específicos. El *Yoga*, las *Técnicas de Meditación*, la *Música*, la *Luz*, los *Sonidos*, los *Colores*..., hábilmente manejados '*hacen algo*' que nos transporta a diferentes niveles de conciencia. También están las '*Máquinas de la Mente*', que combinan luces y sonidos y que son objeto especial de esta investigación. El *BT* se muestra como un instrumento que encaja en esos campos, y puede resultar un medio muy eficaz para comprobar muchos de los asertos de técnicas, terapias y demás '*artes*' que dicen tener efectos muy específicos en los estados de conciencia.

Es capaz de captar y analizar el espectro total de las ondas cerebrales, y suministrar feedback auditivo y visual, al estilo del '*Mind Mirror*'. El *EEG* medido con el *BT*, dentro de un rango que va desde 1 Hz hasta 30 Hz, y desglosado, por hemisferios y en distintas intensidades de ondas cerebrales, ondas *Beta*, *Alfa*, *Zeta* y *Delta*, es uno de los primeros '*correlatos*' medidos al estudiar los '*Estados Alterados de Conciencia*'.

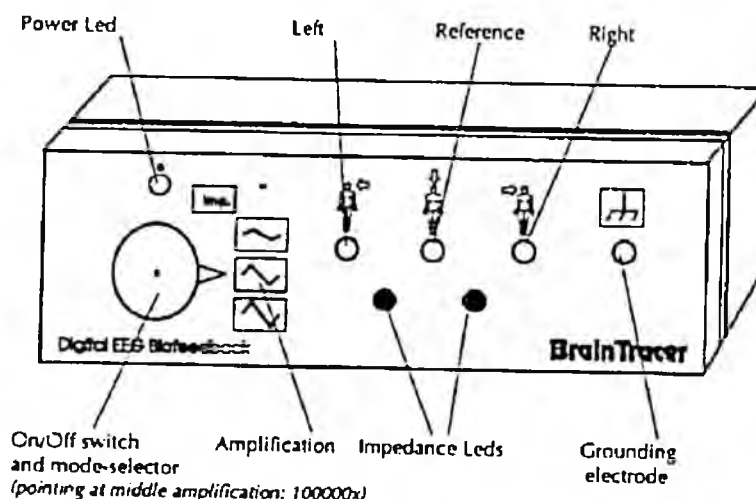
El *BT* nos ha posibilitado el acceder, de forma relativamente fácil, a este tipo de medición, acción vedada hasta ahora a quien no fuera un profesional de la medicina, integrado en estructuras oficiales y gozara de medios gubernamentales. Ofrece además, una gran variedad de modalidades de displays: En forma de Trazos/Huellas del típico *EEG*, imágenes especulares del funcionamiento, a tiempo real, de ambos hemisferios. Todo ello puede imprimirse en papel con una impresora normal.

Permite al usuario aprender, tras largo y difícil entrenamiento, a aumentar/disminuir la actividad de las diversas frecuencias de ondas cerebrales.

Dibujo del *BT*

El *BT*, tal como se puede apreciar por el dibujo del mismo (*Figura 4.1*), es muy simple.

Figura 4.1. Dibujo, de frente, del BT.



Sus dimensiones son reducidas: 150 mm de ancho, 170 mm de largo y 46 de alto. Su puesta en marcha no ofrece mayor dificultad.

Con las flechas y dibujos serigrafiados en el panel frontal, se disipan todas las posibles dudas y se facilita la puesta en marcha.

La descripción del panel frontal nos lleva, en primer lugar, al *LED* indicador de encendido, *Power Led*, arriba, mano izquierda. La alimentación es mediante baterías. Debajo mismo del *Power Led* aparece un dial, con flecha indicadora. Se pueden seleccionar con él cuatro posiciones. Posición 'Imp', para comprobación de la impedancia de entrada de los electrodos; y tres posiciones más, que escogen el grado de amplificación: *50K* arriba, *100K* en el centro y *150K* abajo. En la figura, la flecha señala a la posición del centro, de *100K*, amplificación elegida para toda la experiencia. En el centro del panel aparecen, hacia abajo, dos diodos *LEDs*, indicadores de la correcta adaptación de la impedancia de los electrodos. Por encima aparecen tres bases de conexión de las clavijas de los electrodos, izquierdo, de referencia y derecho, con unos muñecos serigrafiados acompañados de flecha indicadora del lugar de colocación de los electrodos en el cráneo del sujeto. Finalmente, a la derecha aparece la base para la clavija del electrodo de tierra.

Electrodos

El *BT* viene equipado con cuatro clavijas, de 2 mm de grueso y cuatro cables de unos 70 cm de largo. En cuanto a los electrodos, los diseñadores dejan libertad de uso. Se puede usar el conocido electrodo, tipo '*tin-lead*', de aleación *estaño-plomo*, o parecidos. Ese tipo de electrodos pueden usarse repetidamente y colocarse en cualquier lugar de la cabeza. Pero su colocación es bastante engorrosa. Actualmente existen en el mercado electrodos desechables.

Con el *BT*, en principio, puede emplearse cualquier tipo de electrodos. Los diseñadores recomiendan, recomendación aceptada por nosotros en la presente experiencia, el siguiente tipo y sistema: Emplear cables de unos 70 cm, con clavijas de colores, rojas para los electrodos activos y negras para el de referencia y el de tierra, soldadas en uno de sus extremos y unas pinzas de diente de cocodrilo soldadas en los otros. Y los electrodos de tipo desechable. Con el *BT* aconsejan los electrodos suministrados por la '*Lec Tec Corp.*' (Modelo nº *MP3000*). Son electrodos *EKG*, que funcionan perfectamente para registros *EKG*. Muy similares a éstos, son los electrodos *BS3500*, de '*Médico Tests*', elegidos finalmente por nosotros. Consisten en una pegatina de aluminio, adhesiva, de aproximadamente 2-3 cm de superficie, y a la que se puede conectar muy fácilmente, el cable mediante la pinza tipo cocodrilo. Son realmente ligeros, de rápida aplicación, y con un poco de pasta apropiada, ofrecen un alto grado de adherencia y de conductividad eléctrica. Nos han permitido realizar, sin dificultad, largos registros de las ondas cerebrales de un mismo sujeto. La mayor dificultad reside en que son desechables y muy caros.

Procedimiento de colocación

Para evitar captar la interferencia de 50 Hz, proveniente de la red eléctrica, y las provenientes de otras posibles fuentes de '*ruidos*', es necesario conectar correctamente los electrodos. El procedimiento que hemos seguido para su correcta colocación puede resumirse en la siguiente secuencia:

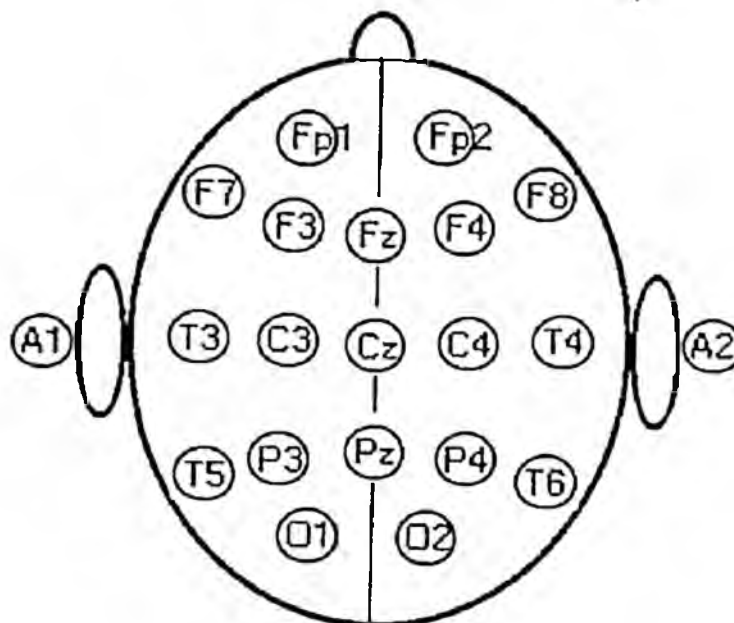
- a) *Limpiar* cuatro zonas en la cabeza, con algodón impregnado en alcohol. Los diseñadores del *BT*, ateniéndose al '*Sistema Internacional 10-20*' (Figura 4.2), aconsejan que la zona esté:

- 1) Tan arriba como sea posible detrás de la oreja izquierda (*Sistema 10-20: T3*). *Electrodo activo*.
- 2) Tan arriba como sea posible detrás de la oreja derecha (*T4*). *Electrodo activo*.
- 3) Tan arriba como sea posible en la mitad de la frente (*Fz*). *Electrodo de referencia*.
- 4) En cualquier lugar de la cara, por ejemplo, en cualquier sitio de la frente (*F7*). *Electrodo de tierra*.

b) **Raspar** la piel en estas 4 zonas con un pequeño trozo de lija fina o un trozo de cinta velcro. Sólo se usa para un sujeto. Este raspado es un procedimiento necesario para asegurar que el BT funcione efectivamente...

c) Una vez realizados los pasos anteriores, se conecta el BT. Con la flecha del dial en la posición que indica 'IMP', el BT estará listo para comprobar la impedancia de los electrodos.

Figura 4.2. Sistema Internacional 10-20



Colocación

El lugar ideal para situar los electrodos activos sería un lugar 2 ó 3 centímetros por encima de la protuberancia de la nuca (*Pz*), y luego colocarlos, uno a la derecha y otro a la izquierda, a una distancia de 5-10 cm. Pero la aplicación de los electrodos sobre el pelo, se nos planteaba muy problemática. Aunque los sujetos de nuestra muestra eran todos voluntarios, algunos y algunas, no estaban dispuestos a soportar una preparación tan tediosa.

Una alternativa para los electrodos activos es elegir un lugar detrás de cada oreja, en la parte del hueso, lo más arriba posible y donde no haya pelo, tal como queda apuntado.

El electrodo de referencia se coloca en el centro de la frente, bordeando el nacimiento del pelo. El electrodo de tierra asegura que el cuerpo del sujeto tenga el mismo potencial eléctrico que el *BT máquina*. Así se reducen los efectos de las interferencias eléctricas. Podría conectarse a cualquier parte del cuerpo. Por comodidad, nosotros lo colocamos, como queda apuntado, en la frente, punto *F7*.

Cómo pegar los electrodos

Antes de poner en marcha el *BT*, queda por explicar la forma concreta de pegar los electrodos. Si los electrodos no se adhieren correctamente, no será posible captar y medir las ondas cerebrales. Lo que se detecte y mida no serán sino '*ruidos*'. La piel ofrece una resistencia eléctrica del orden de cientos de miles de ohmios. El *BT* presenta, para su correcto funcionamiento una resistencia de sólo 10 K Ω . Si no se reduce la resistencia de la piel hasta una resistencia cercana a esos 10K Ω , los electrodos no podrán detectar las ondas cerebrales con precisión. Lo que se medirá serán '*ruidos*'. Y aunque las impedancias estén bien adaptadas, si los electrodos no están, además, bien adheridos al sujeto, estarán entrando tantos '*ruidos*' en el *BT* que será completamente imposible medir las ondas cerebrales. Cuanto más ajustadas estén las impedancias, mejor se detectarán las ondas cerebrales y más potencia tendrá el *BT* para eliminar, totalmente, con sus potentes filtros internos, las interferencias eléctricas. Por eso es importante la secuencia anunciada anteriormente.

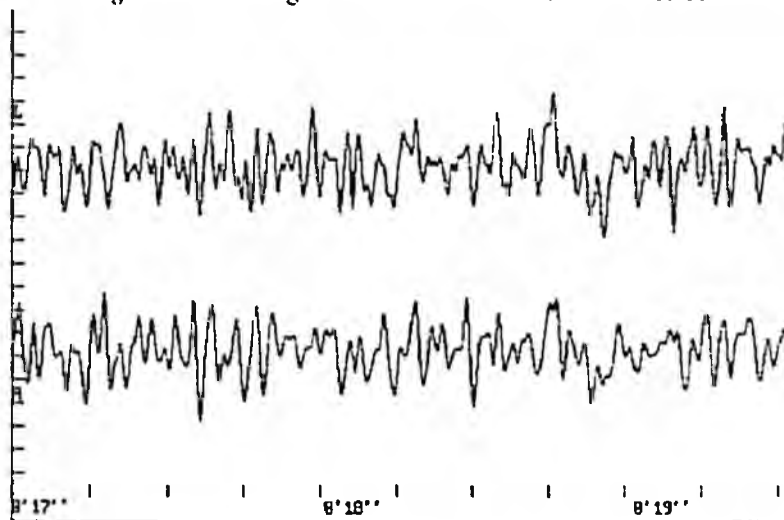
Con el lavado de la piel con alcohol, se elimina una fina capa de grasa que cubre siempre toda nuestra piel, y que nos sirve para mantenerla saludable. Supone también una barrera ante el mundo exterior.

Además, la capa más superficial de nuestra piel está compuesta principalmente, por células muertas. Forman, así, una barrera física ante el exterior, pero difícilmente pueden conducir la electricidad. Por eso hay que rasparlas y eliminarlas. Se reduce así la impedancia y se permite, de esta forma, a los electrodos del *BT* entrar en contacto con las capas de piel que están debajo. Esas células están vivas y pueden conducir las pequeñas corrientes eléctricas que son necesarias para que el *BT* mida las ondas cerebrales.

Comprobación de Impedancias

Una vez adheridos los electrodos se conectan las pinzas y se pasa a la comprobación de impedancias.

Figura 4.3. EEG regular con electrodos correctamente colocados



El *BT* está equipado con un medidor automático de resistencia. Si la resistencia de la piel es demasiado alta, los diodos *LEDs* lo indicaran con luz roja. Antes de poner en marcha el *BT*, hay que

comprobar que se encienden luces verdes con todos los electrodos: derecho, izquierdo, de referencia y de tierra, que se comprueba conectándolo a la base del electrodo de referencia.

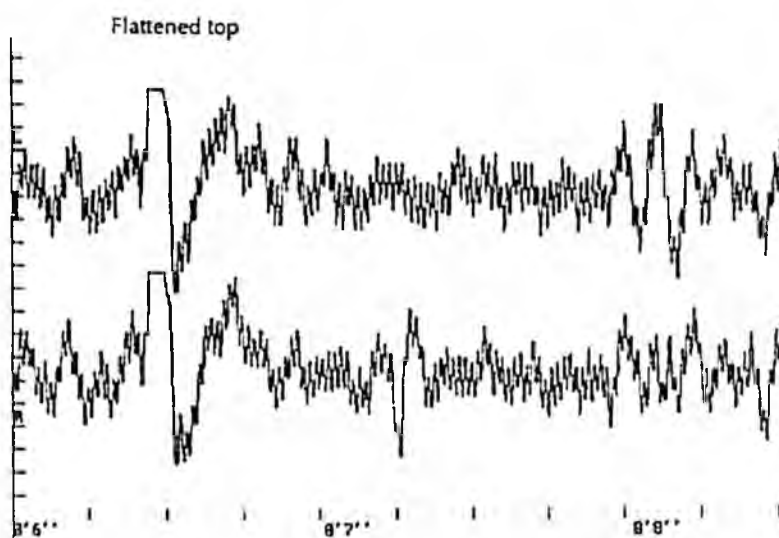
Verificadas las luces verdes con todos los electrodos, puede comenzar la medición de ondas cerebrales. Esta colocación y comprobación, con un poco de práctica, no lleva más de tres minutos.

El resultado de una medición sin ruidos, aparece en la *Figura 4.3*.

Tenemos en esta figura tres segundos de grabación, de un sujeto en estado de vigilia. Las frecuencias que se presentan están dentro del *rango BETA* y muy mezcladas. Se puede observar que la forma de las ondas está constantemente cambiando. Ocasionalmente se observan picos, por encima del promedio, que corresponden a los parpadeos o a los movimientos con las mandíbulas. Serían los llamados '*artefactos*'. Pero los trazos aparecen finos y limpios, libres de '*ruidos*'.

En cambio en la *Figura 4.4*, la visión es diferente. Aquí se observan interferencias claras, '*ruidos*', de 50 Hz (trazos muy picados), y '*artefactos*' provenientes de los ojos y reconocibles en los picos achatados. Las interferencias se pueden eliminar casi totalmente con los filtros. No así los '*artefactos*'. Una buena regla empírica es esperar que cualquier *EEG* contenga, al menos, un 20% de '*artefactos*' *EMG*.

Figura 4.4. EEG con 'ruidos' y 'artefactos'



Datos Técnicos del BT

Canales:	2 (izquierdo y derecho).
Electrodos:	4: izquierdo, derecho, referencia, tierra.
Amplificación:	50.000, 100.000, 150.000.
Impedancia de entrada:	1 Megaohmio.
Nivel de Ruido:	< 0.4 pV.
Rechazo Modal común:	110 dB.
Filtro 'Highpass':	0.3 Hz
Filtro 'Lowpass':	30 Hz
Energía:	Baterías 12 AA.
Duración:	Hasta cien horas.
Operación:	Controlado por un microprocesador.
Aislamiento óptico:	Hasta 5.000 voltios.
Conexión al Ordenador:	Interfaz RS-232 estándar.
Software del Ordenador:	DOS 3.3 y superior.
Hardware del Ordenador:	IBM/AT compat. tarjeta Gráfica VGA.
Almacenamiento:	640kb Dos RAM, 5+ Mb en disco duro.

4.3.3. Instrumentos de 'Papel y Lápiz':

1. 'STAI-R' y el 'STAI-E'. Nos interesaba especialmente el 'STAI-E', como queda explicado, tanto 'antes' como 'después' de la aplicación de cada tratamiento, para descubrir si alguno de ellos provoca algún tipo de cambios en el estado de ansiedad, como respuesta a dichos tratamientos.
2. El 'Cuestionario Abierto de Relajación', que nos ha servido para conocer la percepción que cada sujeto ha tenido de la aplicación de cada tratamiento y conseguir así una descripción somera de cómo se han sentido.

4.4. PROCEDIMIENTO

4.4.1. Procedimientos

1ª. Sesión Informativa Previa:

Los sujetos, todos ellos voluntarios, tuvieron, de antemano, una breve sesión informativa, donde recibieron la siguiente información que nosotros consideramos suficiente, dada la naturaleza del experimento que queríamos desarrollar.

- *Propósito del Estudio:* Se les explicó, sin mayores detalles, que nuestro propósito era realizar una investigación sobre la influencia de varios tratamientos en la consecución de la relajación. Planteábamos *Cinco Tratamientos* diferentes para ver su diferente influencia en la relajación.
- También se les explicó, aunque ya lo sabían de antemano, que deseábamos exclusivamente sujetos que no tuvieran experiencia en *biofeedback* y en *MASS* (Estimulación Sensorial), ni tampoco en técnicas como el *Yoga*, *Meditación Transcendental*, etc., y ni mucho menos quien anduviera envuelto en consumo de *Drogas*, *Tranquilizantes*...
- Igualmente les rogamos, encarecidamente, que no aceptaran participar y se retiraran, aquellos que padecieran *Epilepsia*, problemas *Cardíacos* o de *Retina*.
- *Cuestionarios:* Como explicación adicional, se les indicó que al principio y al final de cada sesión se les pediría que completaran diversos Cuestionarios y Pruebas de Medida.
- Esta sesión previa, además de teórica, a su modo, también fue práctica. Se les agradeció su presencia y sus ganas de colaborar y se les informó ligeramente sobre la relajación y algunos de sus correlatos fisiológicos. Además, en apartado práctico, tuvieron ocasión de conocer la Sala de Experimentación, las condiciones de luz, ruido, temperatura y los instrumentos que íbamos a manejar.

La sesión terminó, pidiéndoles que si querían aún continuar adelante, deberían traer firmado, cada uno en su 1ª sesión, el '*Contrato de Voluntariedad*' o de '*Descargo de Responsabilidades*' ('*Apéndice F*') y la firme voluntad de continuar hasta el final, cumplimentando la experiencia completa. La falta de asistencia, dado el diseño elegido, nos acarrearía desajustes importantes.

La duración de la experiencia, se les explicó pormenorizadamente, sería de cinco semanas. Explicamos el Horario de sesiones, que iría de Lunes a Jueves, con sesiones de mañana y tarde.

Cada sujeto, debería elegir, día de la semana y hora más conveniente para cada uno. Cada sesión, una por semana y sujeto, nos tendría ocupados más o menos una hora.

Tras un animado diálogo con todos los voluntarios y unos breves acuerdos entre ellos, quedó fijada la secuencia de sesiones. Cada sujeto recibió un número de identificación de acuerdo al horario acordado de sesiones. Correlativa con ese horario, y tras las asignaciones de grupos y secuencias a cada grupo y sujeto, la experiencia quedó organizada según el siguiente programa de elaboración y asignación de los sujetos a las secuencias, y que queda fijada en el *Cuadro 4.3*:

1º. La Formación de 5 grupos y asignación, totalmente al azar, de 4 sujetos a cada grupo.

2º. Asignación, al azar, de una secuencia a cada grupo.

3º. Asignación, igualmente al azar, de la secuencia correspondiente a cada sujeto según grupo.

Cuadro 4.3. Secuencia general de sesiones, una vez señalizados horarios

NºSUJETO	SEXO	GRUPO	Nº SECUENCIA	SECUENCIA
1	2	4	3	a ₅ a ₃ a ₁ a ₂ a ₄
2	2	1	5	a ₄ a ₅ a ₂ a ₃ a ₁
3	2	3	4	a ₃ a ₄ a ₅ a ₁ a ₂
4	2	1	5	a ₄ a ₅ a ₂ a ₃ a ₁
5	1	4	3	a ₅ a ₃ a ₁ a ₂ a ₄
6	1	2	1	a ₁ a ₂ a ₃ a ₄ a ₅
7	2	4	3	a ₅ a ₃ a ₁ a ₂ a ₄
8	2	2	1	a ₁ a ₂ a ₃ a ₄ a ₅
9	2	3	4	a ₃ a ₄ a ₅ a ₁ a ₂
10	2	4	3	a ₅ a ₃ a ₁ a ₂ a ₄
11	1	5	2	a ₂ a ₁ a ₄ a ₅ a ₃
12	2	5	2	a ₂ a ₁ a ₄ a ₅ a ₃
13	2	3	4	a ₃ a ₄ a ₅ a ₁ a ₂
14	1	1	5	a ₄ a ₅ a ₂ a ₃ a ₁
15	1	2	1	a ₁ a ₂ a ₃ a ₄ a ₅
16	2	1	5	a ₄ a ₅ a ₂ a ₃ a ₁
17	2	3	4	a ₃ a ₄ a ₅ a ₁ a ₂
18	2	2	1	a ₁ a ₂ a ₃ a ₄ a ₅
19	1	5	2	a ₂ a ₁ a ₄ a ₅ a ₃
20	2	5	2	a ₂ a ₁ a ₄ a ₅ a ₃

2º. Sesión Experimental:

Tal como les pedimos en la sesión informativa, todos los sujetos, voluntarios, trajeron, debidamente cumplimentados:

1. Contrato de '*Descargo de Responsabilidades*'.
2. '*Cuestionario Demográfico*'.
3. '*Cuestionario Abierto de Relajación*'.

Ya en la sala, y al comienzo de la primera sesión, rellenaban el '*STAI-R y E*'. Tras cada sesión, solamente rellenaban el '*STAI-E*'. En sesiones posteriores, únicamente rellenaban, tanto '*antes*' como '*después*', el '*STAI-E*'. Además, tras cada sesión, cumplimentaban un '*Cuestionario de Relajación*'. Lo hacían en una mesita aparte.

A continuación, tumbados sobre la colchoneta, para todos la misma y de igual manera dispuesta, se medía a cada sujeto la '*Presión Sanguínea*' y su '*Tasa Cardíaca*'.

Tras esto se procedía a la aplicación del tratamiento correspondiente, según el orden marcado por la secuencia asignada. Los sujetos permanecían tumbados sobre la colchoneta durante toda la aplicación del tratamiento.

3º. Condiciones Ambientales

Hemos procurado para todas las sesiones, por todos los medios técnicos a nuestro alcance, y estamos seguros de haberlas conseguido, condiciones constantes de discreción, insonorización, temperatura, comodidad, iluminación, condiciones todas ellas que favorecen el fenómeno de la relajación.

La experiencia se desarrolló, en su totalidad, en la sala de observación del Laboratorio de Psicología de la Universidad de Deusto, a cuya sala no ha tenido acceso nadie, que pudiera desvirtuar la experiencia, y que no fuera el propio sujeto o los dos experimentadores.

Cada sesión experimental ha supuesto para cada voluntario una pequeña interrupción en su ocupación cotidiana. Los sujetos accedían al laboratorio procedentes de la clase, de las salas de estudio, o directamente de sus casas.

No pedimos que vinieran vestidos de forma especial. Lo único que rogábamos es que aflojaran cinturones, calzados y todo aquello que pudiera oprimir el cuerpo, y que pudiera contribuir a distraer la atención durante la prueba.

Ya en la sala de experimentación la sesión se desarrollaba en varias fases:

Fase 1ª: Medidas Pretratamiento. La sesión comenzaba con la cumplimentación de los Cuestionarios correspondientes, el 'STAI-E' y la primera parte del 'Cuestionario Abierto de Relajación'. El sujeto lo hacía en una mesa aparte y preparada al efecto. Y a continuación, ya tumbados sobre la colchoneta, realizábamos las medidas previas de la 'Presión Arterial' y de la 'Tasa Cardíaca'.

Fase 2ª: Tratamiento. Tras esto comenzaba la aplicación del tratamiento correspondiente. Los sujetos se tumbaban sobre las colchonetas y, con los ojos cerrados y los electrodos del 'Brain Tracer' colocados de forma apropiada, comenzaba la sesión de registro de ondas cerebrales, durante los 20 minutos que duraba la aplicación de cada tratamiento.

Pedíamos a los sujetos que descargaran su mente de preocupaciones y se centraran exclusivamente en sí mismos, en su relajación, en su propia experiencia y se dejaran llevar por las condiciones del tratamiento.

Fase 3ª: Medidas Postratamiento. Finalizada la aplicación del tratamiento, y en la misma posición de tumbados, se les volvía a medir 'Presión Sanguínea' y 'Tasa Cardíaca'. Y pasaban a cumplimentar, en la mesa apropiada, la segunda parte del 'Cuestionario Abierto de Relajación' y un nuevo 'STAI-E'.

4.4.2. DISEÑO y porqué del Diseño Intragrupo, con 5 tratamientos, y Equiponderación Parcial Sistemática

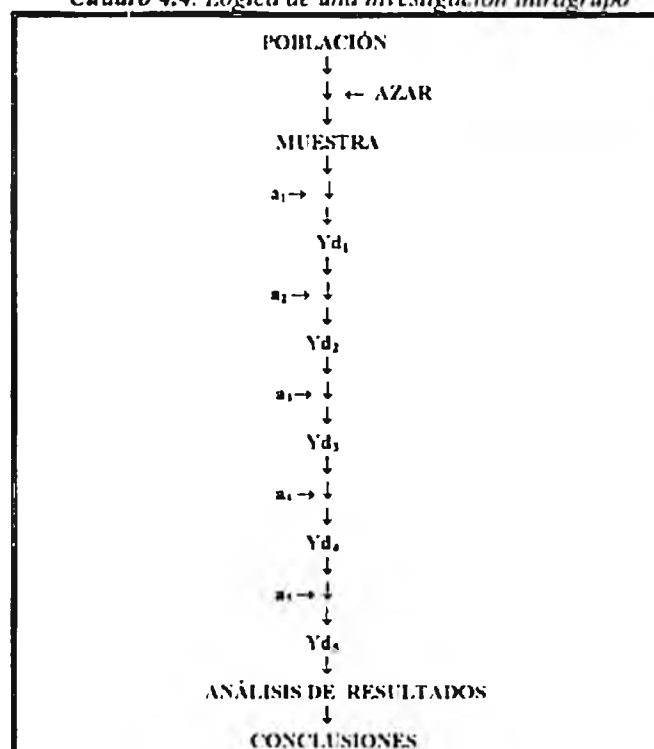
Barajamos varias posibilidades de diseño. Al final decidimos que fuesen los mismos sujetos quienes pasasen por los cinco tratamientos experimentales. Hemos pretendido con ello llevar la técnica de bloqueo hasta sus últimas consecuencias: Cada sujeto ha constituido un bloque.

Hemos conseguido así las máximas condiciones de homogeneidad y equivalencia. Queríamos tomar en cada sujeto medidas de la *V. Criterio* producidas por cada tratamiento experimental, y, al final, al compararlas entre sí, podríamos comprobar las diferencias producidas por los distintos niveles del factor manipulado, en este caso, cada método, sobre la variable criterio, es decir, el estado de relajación.

La Lógica del Diseño

La *Lógica* de una investigación con un diseño intragrupo, con la equiponderación elegida, pasa por (Cuadro 4.4):

Cuadro 4.4. Lógica de una investigación intragrupo



- a) Elegir una Muestra de Sujetos
- b) Construir tantas Secuencias como exijan el número de tratamientos y el método de equiponderación empleado
- c) Aplicar una secuencia a cada sujeto
- d) Tomar la medida postratamiento correspondiente tras la aplicación de cada tratamiento
- e) Llevar a cabo el análisis estadístico de los resultados

Cómo salvar la VALIDEZ INTERNA

Elegimos finalmente un diseño intragrupo con equiponderación parcial sistemática, por considerarlo muy preciso y eficiente para alcanzar nuestros objetivos. Es más, la varianza intergrupos, no existe, pues las diversas puntuaciones de la *V. Criterio*, proceden del mismo grupo. El control sobre la varianza intergrupos es total.

Y además, aparte de eliminar de raíz la varianza intergrupos, nos facilitaría el empleo de muchos menos sujetos, tema este muy difícil de solventar si nos hubiéramos decidido por un diseño multigrupo.

El esquema de una investigación en la que se emplea un diseño intragrupo aparece en el anterior *Cuadro 4.4*. Y la representación simbólica de un diseño intragrupo con cinco tratamientos experimentales sería la representada en el *Cuadro 4.5*.

Cuadro 4.5. Representación Simbólica del Diseño Intragrupo

Grupos	Composición de los Grupos	Medidas Pretratamiento	Tratamiento Experimental	Medidas Postratamiento
1	A	-	a ₁ a ₂ a ₃ a ₄ a ₅	Yd ₁ Yd ₂ Yd ₃ Yd ₄ Yd ₅

Nos hemos situado en la realidad investigativa, y tras barajar varias posibilidades de diseño nos hemos decidido por éste. Desechamos un Diseño Intergrupos, pues los diseños intergrupos, aunque, aparentemente, serían los más apropiados cuando queremos comparar la influencia de diversos métodos de relajación:

- Exigen un número muy elevado de sujetos por grupo. Nosotros queríamos trabajar con 4 tratamientos experimentales más un grupo control, y todos sabemos que encontrar grupos de sujetos muy equivalentes, es muy difícil, y aún así, no se pueden eliminar las diferencias individuales entre los sujetos de los diferentes grupos, variabilidad que es una de las fuentes principales de error experimental.
- Partiendo de la doctrina de que la eficacia de un experimento depende de su sensibilidad y que ésta aumenta en proporción directa a como lo hace la homogeneidad y equivalencia que se consiga entre los sujetos que forman los diferentes grupos experimentales nos decidimos por un *Diseño Intragrupo*, diseño que elimina totalmente la variabilidad entre sujetos. Y sabemos también que cuanto más homogéneos y equivalentes son los grupos experimentales, mayor probabilidad de verificar, en el caso de que exista, la influencia del factor manipulado sobre la *Variable Criterio*, en nuestro caso la influencia de los diversos métodos sobre el estado de relajación.

Hemos hecho pasar a los sujetos por todos los tratamientos experimentales, apoyados en varios argumentos.

Pero el empleo de este diseño, levanta el fantasma del '*Error Progresivo*', cuyo control hemos intentado conseguir con la aplicación de un método de equiponderación adecuado al caso. Garantizamos así, al máximo, la validez interna de nuestra experiencia.

Hemos acudido, para controlar esos posibles efectos del '*Error Progresivo*', al método de '*Equiponderación*' o '*Contrabalanceo*', con el fin de repartir por igual los efectos del error progresivo entre los cinco tratamientos experimentales, conscientes de que su eliminación total no es posible. Queremos conseguir, en nuestro experimento, un tipo, al menos, de constancia práctica.

Dentro de los distintos métodos de '*Equiponderación*' nos decidimos por un método de equiponderación intersujetos. Y dado que aplicamos cinco tratamientos, con el fin de comparar sus efectos en la *V.D. (Estado de Relajación)*, elegimos el método de '*Equiponderación Parcial Sistemática*' y desechamos el de '*Equiponderación Total*' o '*Contrabalanceo Completo*'. La lógica que nos llevó a elegir este método es muy sencilla de deducir. El número de secuencias que se pueden formar con cinco tratamientos son 120, ($5! = 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 120$), número que desbordaba nuestras posibilidades. Era demasiado grande. Hubiera sido muy difícil, si no imposible, trabajar con las 120 secuencias, por todo lo que ello conlleva. El método de '*Equiponderación Parcial Sistemática*', no pide emplear todas las

secuencias, sino las necesarias para cumplir el único requisito que exige la aplicación de dicho método: *Que cada tratamiento experimental aparezca un mismo número de veces en cada nivel de práctica*. El número mínimo de secuencias que exige la aplicación de este método es igual al número de tratamientos experimentales con los que se vaya a trabajar.

Dado que nosotros empleábamos cinco tratamientos experimentales, para la aplicación de este método hemos seleccionado, deliberadamente, las siguientes secuencias, de las 120 posibles, cuidando de que el requisito básico del método se cumpliera, y que aparecen en el Cuadro 5.6:

Cuadro 5.6. Secuencias seleccionadas entre las 120 posibles

1° =	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
2° =	a ₂	a ₁	a ₄	a ₅	a ₃
3° =	a ₅	a ₃	a ₁	a ₂	a ₄
4° =	a ₃	a ₄	a ₅	a ₁	a ₂
5° =	a ₄	a ₅	a ₂	a ₃	a ₁

Número de Sujetos exigidos por el Diseño

La reducción del número de secuencias lleva implícita una reducción del número de sujetos para llevar a cabo el experimento.

El número mínimo de sujetos que necesitamos, por imponerlo el método, es igual al número de tratamientos experimentales. En total, cinco sujetos, o un múltiplo de cinco.

La comprobación de cómo se distribuyen por igual las unidades del posible 'Error Progresivo' entre todos los tratamientos experimentales puede quedar clara con el Cuadro 4.7:

Cuadro 4.7. Cálculo de la 'Distribución del Error'

a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
↓	↓	↓	↓	↓
Yd ₁	Yd ₂	Yd ₃	Yd ₄	Yd ₅
↓	↓	↓	↓	↓
0	1	2	3	4
a ₂	a ₁	a ₄	a ₅	a ₃
↓	↓	↓	↓	↓
Yd ₁	Yd ₂	Yd ₃	Yd ₄	Yd ₅
↓	↓	↓	↓	↓
0	1	2	3	4
a ₅	a ₃	a ₁	a ₂	a ₄
↓	↓	↓	↓	↓
Yd ₁	Yd ₂	Yd ₃	Yd ₄	Yd ₅
↓	↓	↓	↓	↓
0	1	2	3	4
a ₃	a ₄	a ₅	a ₁	a ₂
↓	↓	↓	↓	↓
Yd ₁	Yd ₂	Yd ₃	Yd ₄	Yd ₅
↓	↓	↓	↓	↓
0	1	2	3	4
a ₄	a ₅	a ₂	a ₃	a ₁
↓	↓	↓	↓	↓
Yd ₁	Yd ₂	Yd ₃	Yd ₄	Yd ₅
↓	↓	↓	↓	↓
0	1	2	3	4

Cuadro 4.8. Comprobación de la 'Distribución por Igual de Unidades del Error'

$a_1 = 0 + 1 + 2 + 3 + 4 = 10$	Unidades/tratamiento		
$a_2 = 1 + 0 + 3 + 4 + 2 = 10$	"	/	"
$a_3 = 2 + 4 + 1 + 0 + 3 = 10$	"	/	"
$a_4 = 3 + 2 + 4 + 1 + 0 = 10$	"	/	"
$a_5 = 4 + 3 + 0 + 2 + 1 = 10$	"	/	"

Como se puede comprobar, se consigue que los efectos de la *Práctica* y la *Fatiga* se distribuyan por igual entre todos los tratamientos experimentales.

Tratamientos y Duración

Cada tratamiento, con 20 minutos de duración, ha comprendido los elementos siguientes:

- a_1 = 'Grupo Control', que ha trabajado en las condiciones siguientes: Los sujetos se tumbaban en la colchoneta, desactivada, y se les instalaba el BT. Tras comprobar el correcto funcionamiento del BT, se les colocaban los Cascos estereofónicos. Durante 20 minutos que duraba la sesión, recibían un suave Ruido Blanco, seseo típico captado de una emisora de FM sin emisión. También se les colocaban las Gafas del 'Synchro-Energizer', con las lucecitas en intensidad muy leve, pero no con vibración, sino en encendido continuo. Y ya con los ojos cerrados, se les pedía intentaran dejar la mente en blanco y se centraran en la relajación de todo su cuerpo. Comenzaba la sesión. Se ponían en marcha todos los aparatos estimuladores (Ruido Blanco, Lucecitas, y tumbados en Colchoneta), y aparatos registradores (BT y PC). Todas las respuestas cerebrales se iban visualizando a tiempo real, en pantalla del ordenador y se registraban, al finalizar los 20 minutos, en Disco Duro, para análisis posteriores.
- a_2 = Grupo Experimental 1, 'Grupo Colchoneta'. Se tumbaban sobre colchoneta, se les instalaba el BT, les colocábamos los Cascos para Ruido Blanco, y las Gafas Synchro-Energizer, en las mismas condiciones descritas para el grupo control. Tras esto, se les pedía que cerraran ya los ojos y los mantuvieran así hasta el final, y se ponían en marcha el magnetofón con Ruido Blanco, las luces de las gafas, el BT, el Ordenador, y se activaba la Colchoneta Electromagnética. En estas condiciones continuaban este tratamiento durante 20 minutos.
- a_3 = Grupo Experimental 2, 'Grupo de Relajación Progresiva'. Sobre colchoneta, desactivada, se les instalaba el BT, y se colocaban los Cascos estereofónicos, y las Gafas del 'Synchro-Energizer', en las condiciones descritas. En cinta magnetofónica se hallaban grabadas las Instrucciones de Relajación Progresiva, tipo Jacobson. Comprobados los Instrumentos, se les pedía a los sujetos que cerraran ya sus ojos y se centraran únicamente en las instrucciones de la cinta y en la relajación de todo su cuerpo. Y se ponía todo en marcha, durante 20 minutos.
- a_4 = Grupo Experimental 3, 'Grupo Synchro-Energizer solo'. Tumbados en colchoneta, desactivada, se instalaba el BT y se comprobaba. Se colocaban los Cascos y Gafas y se ponían en marcha todos los aparatos. En el 'Synchro-Energizer' se activaba el programa nº 7, de 20 minutos de duración, sin Música Relajante.

a₅ = Grupo Experimental 4, '*Grupo Synchro-Energizer + Música Relajante*'. Hemos elegido la cinta titulada '*Intuición*', con música compuesta e interpretada por *Arden Wilken*. Se vende en el mercado como inductora de relajación, según proclama la propaganda. Colocados sobre colchoneta en las condiciones descritas se les aconsejaba que mantuvieran sus ojos cerrados todo el tiempo, dejaran su mente en blanco y se centraran exclusivamente en las luces y en los sonidos. Comprobados todos los aparatos se activaban el BT, el magnetofón con la cinta '*Intuición*', el Ordenador y el '*Synchro-Energizer*', en el programa N°7, de 20 minutos de duración.

Cómo salvar la Validez Externa

En la vida real, las personas normales no pasamos habitualmente por varios tratamientos experimentales cuando queremos comprobar algo. Y en nuestro caso concreto podemos afirmar que, a simple vista, parece que nadie va comprobando sistemas de relajación. Ahora bien, los sistemas de relajación elegidos por nosotros, son a los que, en términos vulgares, suele ser inducida mucha gente, a poner en práctica. No hay más que atender a los medios de comunicación, orales y escritos, de más fácil acceso para toda clase de personas. Creemos que esos tratamientos están cercanos a la vida real de las personas. Cada día, señalan los estudios, que más personas, para combatir el estrés echan mano de aquellos métodos o artilugios que se promocionan en los medios de comunicación. Y hay quien emplea uno y otro, y otro..., en busca de una panacea prometida que descubren, tras una gran decepción que, en realidad, conseguir ese estado de relajación buscado y ansiado, que prometen, es muy difícil, si no imposible.

Tratamiento previsto de los Resultados

Los resultados en la 1ª Dependiente, bajo cada tratamiento experimental los hemos conseguido, como se recomienda en el caso de la equiponderación total, de unir las medias obtenidas por los sujetos bajo cada tratamiento, independientemente del nivel de práctica que haya ocupado, es decir, que hemos agrupado las medias siguiendo el mismo sistema que en el método de equiponderación total.

Los datos codificados tendrán un tratamiento diverso:

A los datos de *tasa cardíaca*, *presión sanguínea* y *STAI-E*, les aplicaremos la '*t de Student*', con el fin de verificar posibles diferencias entre un '*antes*' y un '*después*' de cada tratamiento.

A los datos *EEG*, les vamos a aplicar un doble análisis: Uno, *Estadístico*, para los datos promediados de los 5 sujetos del diseño, y en la banda entre 12 y 8 Hz, en el hemisferio izquierdo y en el derecho. Los analizaremos aplicando '*Manovas de Medidas Repetidas*'. Otro, *Descriptivo*, contemplando los datos de los sujetos, individualmente y agrupados en 5 sujetos, pero en la banda que va de 30 a 1 Hz.

Fases de la Codificación prevista y llevada a cabo

1. Codificación de los datos para cada sujeto, en cada uno de los tratamientos
2. Codificación de los 4 sujetos de cada grupo y elaboración de los valores promediados para cada una de las variables, '*Tasa Cardíaca*', '*Stai-E*', '*Presión Sanguínea*' y '*EEG*', desde 1 Hz

hasta 30 Hz. Esto facilitará la elaboración de Gráficas promedio, para cada grupo, y en cada tratamiento.

3. Codificación de esos valores promediados para cada grupo en cada uno de los tratamientos. A partir de esta codificación se procederá a analizar los datos como si fueran ya 5 sujetos solamente.
4. Aplicación de la '*t de Student*', en su caso, la de los '*Manovas para Medidas Repetidas*', con los comandos apropiados, a los diversos tipos de medidas de las diferentes variables dependientes, desarrollo de los *Análisis Cualitativos* oportunos

Termina así la exposición de la *Metodología* seguida en esta experimentación, dando paso a la *Presentación de los Resultados*.

III. RESULTADOS

5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1. DATOS DIRECTOS Y GLOBALES: Primera Codificación.

En el 'Apéndice A': *Tablas de Datos Codificados, Cuadros de Análisis Estadísticos y Figuras*, encontramos la 'Tabla 1' con todos los datos directos y globales, en las tres primeras variables medidas, y producidos por los 20 *Sujetos* asignados aleatoriamente a 5 *Grupos*, al pasar, secuencialmente, por los 5 *Tratamientos*. Así, las cinco primeras filas correspondientes al sujeto nº 1, '*Suj*', en la primera columna, y leyendo las columnas siguientes, vemos que ese sujeto está integrado en el grupo 4, '*Gru*', es chica, '*Sex*', 2, y tras pasar por los 5 tratamientos, ha generado registros de su '*Tasa Cardíaca*', '*antes*', (*tca*), y '*después*', (*tdc*), de cada tratamiento

A los datos sobre '*Tasa Cardíaca*' les siguen los datos referentes a la percepción subjetiva de su estado de bienestar a través del '*STAI-E*', igualmente '*antes*', (*sta*), y '*después*', (*std*). En las siguientes columnas se encuentran los registros de la '*Presión Sanguínea*', en la modalidad '*Sistólica*' y '*Diastólica*', '*antes*', (*psa*) y (*pda*), de cada tratamiento. A estas dos mediciones le sigue el registro de la '*Presión Sanguínea Media*' de ambos registros, '*antes*', (*prsm*). Finalmente en las tres últimas columnas, se registran la '*Presión Sanguínea Sistólica*' y '*Diastólica*', '*después*', (*psd*) y (*pdd*), seguidas del registro de la '*Presión Sanguínea Media*' de ambas, '*después*', (*prsm*), de cada tratamiento

Estas son las claves para la lectura y comprensión de esta primera codificación. En total, se recogen en esta 'Tabla 1', 100 mediciones, 5 por sujeto, en las variables y modalidades explicadas

5.2. TRANSFORMACIONES DE DATOS

El *Diseño de Medidas Repetidas*, con *Equiponderación Parcial Sistemática*, impone sus condiciones previas de agrupación y codificación de datos, antes de proceder a los análisis pertinentes. Según dicho diseño, y dado que se ha trabajado con 5 tratamientos, se necesitaban, solamente, para su desarrollo, 5 sujetos, uno por tratamiento, o un múltiplo de estos. Se exige, pues, una reducción de sujetos, en nuestro caso, de 20, a solo 5. Así pues, cada registro atribuido a cada sujeto, a partir de ahora, representa los datos medios de 4 sujetos. Esa agrupación se ha hecho siguiendo la asignación al azar que ya está explicada en su lugar correspondiente y que ha seguido la siguiente distribución, al azar, de los 20 sujetos de la muestra, tal como aparece en el Cuadro 5.1

Cuadro 5.1. Agrupación de sujetos

Nº Suj. Actual	Nº Suj. Muestra
1	2, 4, 14, 16
2	6, 8, 15, 18
3	3, 9, 13, 17
4	1, 5, 7, 10
5	11, 12, 19, 20

En las 'Tablas 2', del 'Apéndice A', encontramos en primer lugar, los datos directos, desglosados de la 'Tabla 1', para cada uno de los 20 sujetos, en '*Tasa Cardíaca*', '*STAI-E*' y '*Presión Sanguínea*', tanto '*antes*' como '*después*' de cada uno de los 5 Tratamientos (Tablas 2.1 a 2.5). A cada una de estas tablas, les acompañan las *Figuras* correspondientes (*Figuras A 2.1-1 a 2.5-3*), donde se grafican en forma pareada entre '*antes*' y '*después*', los resultados de los 20 sujetos, en dichas variables. Tanto las tablas como las figuras son por sí mismas, lo suficientemente expresivas para ir calibrando y definiendo posibles interpretaciones y conclusiones

Les siguen los datos promediados de los mismos 20 sujetos, ya reducidos a 5, según exigencias del diseño, igualmente en '*Tasa Cardíaca*' (Tabla 2.6), '*Presión Sanguínea*' (Tabla 2.7), y '*STAI-E*' (Tabla 2.8), tanto '*antes*' como '*después*' de cada tratamiento.

También con los resultados promediados de las Tablas 2.6 a 2.8, se han elaborado las Figuras correspondientes (Figuras A 2.6-1 a 2.8-5), que facilitan las comparaciones entre '*antes*' y '*después*'.

Centrándonos ahora en las '*Tablas 2.6 a 2.8*', se puede ver que aparecen en ella datos globales de los 5 sujetos, en los 5 Tratamientos, '*antes*' y '*después*' de cada tratamiento. Estas tablas sirven, y aún de forma más gráfica las Figuras, para poder percibir, cuál ha sido el comportamiento de cada una de las '*Tecnologías Neurométricas*', puestas a prueba y supuestamente generadoras del '*Alivio del Estrés*'. Se pueden comparar los datos pareados de las tablas y mejor aún en las figuras, en cada tratamiento entre sí y con el '*Grupo Control*'.

La observación detenida de las '*Tablas 2.6 a 2.8*', nos lleva a deducir fácilmente que en ellas aparecen los mismos datos de las '*Tablas 2.1 a 2.5*', pero aquí ya promediados y separados por tratamientos, con el fin de proceder a los análisis correspondientes a la "*t de Student*", para Datos Relacionados (Paired Data). Se trata, con estos análisis, que aparecen en las series de '*Cuadros 2, 3, y 4*', del '*Apéndice A*', de descubrir el comportamiento de cada uno de los tratamientos, '*antes*' y '*después*', y detectar si alguno de ellos ha producido una modificación, aquí disminución, significativa, entre datos '*antes*' y '*después*' de cada tratamiento.

5.3. CORRELATOS PSICOFISIOLÓGICOS: Presentación Descriptiva

5.3.1. TASA CARDÍACA

Los resultados de los análisis estadísticos, "*t de Student*", de esta variable se pueden contemplar en los '*Cuadros 2.1 a 2.5*', '*Apéndice A*'. Aparecen en estos cuadros los resultados de los cinco tratamientos, en '*Tasa Cardíaca*'. Al examinar estos cuadros nos encontramos con datos muy claros y significativos.

Dignos de analizarse muy detenidamente son los resultados en el '*Grupo Control*', a_1 . Van a ser la base para comprobar si los tratamientos propuestos producen cambios significativos, en este caso, en la variable '*Tasa Cardíaca*'. Más descriptivamente. La situación experimental, tal como se les presentó, tumbados sobre una colchoneta, gafas levemente iluminadas, y ruido blanco muy suave de fondo, parece no haberles resultado muy reconfortante a dos de los cinco sujetos (Tabla 2.6). Buscando una explicación, se observa en '*Tabla 2.1*', que siete de los veinte sujetos presentan, al acabar el tratamiento, frecuencias superiores a las registradas al inicio. Esto hace que aparezca una correlación negativa (-.529) entre los cinco pares de números (en realidad 20 pares).

Cuadro 5.2.1. Resultados '*t*' Grupo Control, a_1

GRUPO CONTROL, a, t - tests for Paired Samples						
Variable	Number of pairs	Corr	2-Tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
TASACARa	5	-.529	.360	70.9500	6.695	2.994
TASACARd				66.0000	4.786	2.140
Paired differences						
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tail Sig	1-tail Sig
4.9500	10.080	4.508	1.10	4	.334	.167
95% CI (-7.570, 17.470)						

El valor de '*t*', con 4 grados de libertad, Cuadro 5.2.1, es de 1.10, estadístico que proviene de dividir las diferencias de las medias entre pares (4.95) por el Error Estándar de la

Llamativos son los resultados encontrados en el 'Grupo Synchro-Energizer', a_1 , ($t(4) = -.26$, $p = .4045$), Cuadro 5.2.4.

Cuadro 5.2.4. Resultados 't' Grupo Synchro Energizer, a_1

GRUPO SYNCHRO-ENERGIZER, a_1 , t - tests for Paired Samples						
Variable	Number of Pairs	Corr.	2-Tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
TASACARA	5	- .578	.307	63.3500	5.095	2.278
TASACARD				64.3500	4.676	2.091
Paired Differences						
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tail Sig	1-tail Sig
-1.0000	8.682	3.883	-.26	4	.809	.4045
95% CI (-11.784, 9.784)						

Sin duda que era el grupo, cuya efectividad más interesaba poner a prueba. No ha resultado efectivo en 11 de los 20 sujetos (Tabla 2.4). Parece como que el tratamiento en sí, es decir, el 'programa de máquina nº7', a unos pocos les resulta agradable y les lleva a la relajación, pero a la mayoría les produce, con sus bruscos, y un poco atemorizantes, cambios de frecuencias y ritmos, desasosiego, inquietud y nerviosismo. Esas brusquedades parece que quedan amortiguadas, en el Grupo a_5 , con la música relajante. Y es curioso: Ese cierto desasosiego, se manifiesta en el 'Cuestionario Abierto', que todos los sujetos rellenaban al finalizar cada tratamiento.

5.3.2. PRESIÓN SANGUÍNEA

Se manejan diversas formas de registrar la 'Presión Sanguínea'. Hay quien, sencillamente, se limita a recoger los 'Pulse Pressure', la 'Presión del Pulso', que es la diferencia entre las 'Presiones Sistólica' y la 'Diastólica'. Otros, como queda ya explicado, trabajan con la 'Mean Blood Pressure', 'Presión Sanguínea Media', que es la 'Presión Diastólica, más un tercio de la 'Presión Pulsatoria'. Suponiendo que un sujeto marque una 'Presión Sistólica' de 122, y una 'Presión Diastólica' de 68, su 'Presión Media' será de 86 ($\text{Presión del Pulso} = 122 - 68 = 54$; $68 + (1/3 \cdot 54) = 86$). En las 'Tablas 2.1 a 2.5 y 2.7', del 'Apéndice A', aparece esta segunda forma de registrar la 'Presión Sanguínea'.

En estas 'Tablas 2.1 a 2.5 y 2.7', se sigue la misma estructura y se persigue la misma finalidad que la propuesta con la 'Tasa Cardíaca'. Los resultados más reseñables, de la 't de Student', aparecen en los Cuadros 3.1 a 3.5, 'Apéndice A'.

Tras examinar dichas 'Tablas 2.1 a 2.5 y 2.7', del 'Apéndice A', y los resultados de los 5 tratamientos, tal como aparecen tras los análisis estadísticos, se deduce que solamente el 'Grupo Colchoneta', a_2 , ($t(4) = 1.60$, $p = .0925$), Cuadro 5.3.2, se acerca a la significación, y supera al efecto del 'Grupo Control', a_1 , ($t(4) = 1.20$, $p = .1475$).

Cuadro 5.3.2. Resultados 't' Grupo Colchoneta, a_2

GRUPO COLCHONETA, a_2 , t - tests for Paired Samples						
Variable	Number of Pairs	Corr.	2-Tail Sig	Mean	SD	Se of Mean
PRESANA	5	.491	.401	82.1294	3.542	1.584
PRESAND				79.2624	4.305	1.925
Paired Differences						
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tail Sig	1-tail Sig
2.8670	4.013	1.795	1.60	4	.185	.0925
95% CI (-2.118, 7.852)						

Los resultados del 'Grupo Jacobson', a_3 , Cuadro 5.3.3, sugieren comentario aparte.

También son dignos de tenerse en cuenta los resultados del 'Grupo Colchoneta', a_2 , ($t(4) = 5.23$, $p = .003$). Aunque la correlación entre pares es baja, .226, es, al menos, positiva, Cuadro 5.4.2:

Cuadro 5.4.2. Resultados 't' Grupo Colchoneta, a_2

GRUPO COLCHONETA, a_2 , t - tests for Paired Samples						
Variable	Number of Pairs	Corr.	2-Tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
STAI-Ea	5	.226	.715	19.1500	2.770	1.239
STAI-Ed				11.6500	2.356	1.054
Paired Differences						
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tail Sig	1-tail Sig
7.5000	3.206	1.434	5.23	4	.006	.003
95% CI (3.517, 11.483)						

Igualmente es digno de destacar el comportamiento del 'Grupo Synchro-Energizer', a_4 , ($t(4) = 4.54$, $p = .0055$) Cuadro 5.4.4:

Cuadro 5.4.4. Resultados 't' Grupo Synchro Energizer, a_4

GRUPO SYNCHRO-ENERGIZER, a_4 , t - tests for Paired Samples						
Variable	Number of Pairs	Corr.	2-Tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
STAI-Ea	5	.680	.207	20.0500	3.430	1.534
STAI-Ed				13.6000	4.274	1.911
Paired Differences						
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tail Sig	1-tail Sig
6.4500	3.179	1.422	4.54	4	.011	.0055
95% CI (2.501; 10.399)						

La correlación entre pares es positiva y de valor medio ($r = .68$). Contrastan estos resultados con los encontrados al analizar la 'Taxa Cardíaca', que eran claramente negativos, respecto de la dirección hipotetizada.

Cuadro 5.4.5. Resultados 't' Grupo Synchro - Música, a_5

GRUPO SYNCHIRO + MÚSICA, a_5 , t - tests for Paired Samples						
Variable	Numbers of Pairs	Corr	2-Tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
STAI-Ea	5	-.336	.581	16.9000	3.310	1.480
STAI-Ed				12.4000	3.765	1.684
Paired Differences						
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tail Sig	1-tail Sig
4.5000	5.788	2.588	1.74	4	.157	.0785
95% CI (-2.689, 11.689)						

En el 'Grupo Synchro - Música', a_5 , Cuadro 5.4.5, encontramos una correlación, entre pares, negativa, -.336, y no se aprecian diferencias significativas ($t(4) = 1.74$, $p = .0785$), en el nivel de ansiedad entre los dos momentos evaluados. Pero estos datos tendrán su oportuna discusión e interpretación posterior, para aclarar estas aparentes contradicciones.

5.4. CORRELATOS ENCEFALOGRAFICOS

5.4.1. DATOS DIRECTOS Y TABLAS

Los datos suministrados por el 'BT', en relación con el 'EEG', se hallan igualmente codificados en la 'Tabla 3' y en las series de 'Tablas 4 a 10', del 'Apéndice A'. Se resumen en esas tablas, el contenido de 100 disquetes de ordenador.

En dichas series aparecen las 'Tablas 3, 5, 7 y 9', impares, con datos globales de los 20 sujetos, promediados y reducidos ya a 5, según exigencias del diseño, desde 30 a 1 Hz, en cada uno de los Tratamientos y ambos Hemisferios, graduados de cinco en cinco. Estas 'Tablas 3, 5, 7 y 9', son el soporte para los 'Análisis Estadísticos' que requiere el 'Manova para Medidas Repetidas'. En las 'Tablas 4, 6, 8, y 10', pares, aparecen, en primer lugar (Subtablas 1 a 20), resultados directos en microvoltios, de los 20 sujetos, y en segundo lugar (Subtablas 21 a 25), esos mismos datos promediados para cada sujeto, en ambos Hemisferios, y en cada uno de los 5 Tratamientos. En esta última serie de 'Tablas', nos vamos a apoyar para elaborar los análisis de 'Perfiles de Sincronización Cerebral'.

Las 'Tablas 3 y 4', del 'Apéndice A', recogen resultados 'EEG' de los cinco primeros minutos de la experiencia, desde 0 minutos 0 segundos a 5 minutos 0 segundos. Las 'Tablas 5 y 6', abarcan el espacio temporal desde 5m. 0s. a 10m. 0s. Las 'Tablas 7 y 8', contemplan el 'EEG' en los tiempos que van desde 10m. 0s. a 15m. 0s. Finalmente, en las 'Tablas 9 y 10', se registran datos 'EEG' de los 5 últimos minutos de experiencia, desde 15m. 0s. a 20m. 0s.

La selección de datos promediados, en resúmenes de tiempo de cinco en cinco minutos, es una posibilidad que ofrece el Software del 'BT'. El que se hayan elegido fracciones de cinco minutos, y no otras más largas o más cortas e intercaladas, como por ejemplo, resultados en el minuto 10, en el 15 o en el 20, obedece a criterios, exclusiva y estrechamente relacionados con el planteamiento de este estudio. Se creyó que era lo más adecuado para poner a prueba las virtualidades de la 'Tecnología Megabrain'. Se proclama en las aludidas virtualidades que sus aparatos son capaces de producir en los sujetos: relajación, conseguirla rápidamente, mantener sus efectos durante bastante tiempo, crear la sensación de que se encuentran relajados y en calma, y la potenciación de la sincronización cerebral. Si lo que se llama 'Respuesta de Seguimiento de Frecuencias', realmente se produce, de alguna forma se detectará en el 'EEG', y, precisamente, tal como se asegura en la información, con aparatos como el 'BT', se pueden captar y registrar esos efectos, si no en los primeros minutos, tal vez en los cinco siguientes o, al menos, de los 10 a los 15, o al final de los 20 minutos que duraba cada sesión de tratamiento.

Y dado que los correlatos EEG de la respuesta de relajación, se manifiestan entre los rangos entre 12 y 8 Hz, el análisis que se presenta ahora y se discutirá después, refleja los registros de esas frecuencias. Servirán para volver a poner a prueba las hipótesis enunciadas, cada cinco minutos. Para la hipótesis de la potenciación cerebral, como punto de apoyo de la Sincronización Cerebral, se va a tener en cuenta todo el rango de frecuencias, desde 30 a 1 Hz.

5.4.2. TRANSFORMACIÓN DE DATOS: 'Tiempos' y 'Rangos' de Presentación

En la 'Tabla 3' aparecen los datos, ya reducidos, de los 20 sujetos de la muestra, en cada uno de los tratamientos. La reducción de los 20 sujetos a los 5 listados, se ha realizado siguiendo las mismas pautas al azar que en las mediciones anteriores de 'Tasa Cardíaca', 'Presión Sanguínea' y 'STAI-E'. Así tenemos que cada sujeto de la 'Tabla 3' contiene los registros medios de cuatro sujetos, según el mismo cuadro de distribución ya enunciado anteriormente.

En esta 'Tabla 3', aparecen codificados, de 5 en 5, y por Hertzios (empezando en 30 y terminando en 1 Hz.), los registros promediados para cada sujeto, en cada uno de los Grupos, en el Hemisferio Izquierdo (Gru1 a Gru5), y en el Hemisferio Derecho (Var1 a Var5).

Se ha realizado esta codificación, y de esta forma, pues así se facilitan los análisis posteriores con el 'Manova' para 'Medidas Repetidas'.

Con las 'Tablas 3, 5, 7, y 9', se pueden ir marcando, por ejemplo, *subtablas* desde la 3.1 hasta la 3.30, que serían desgloses de la 'Tabla 3'. Cada una de estas *subtablas* contiene los registros medios de los 5 sujetos, en el Hemisferio Izquierdo y en el Derecho, para cada Hertzio, desde el 30 al 1, y para cada uno de los *Tiempos* programados, desde 0m. 0s. a 5m. 0s. hasta 15m. 0s. a 20m. 0s. Estas codificaciones están preparadas directamente para la aplicación del 'Manova', para cada *hertzio* y *hemisferio*.

El 'Manova' genera, para cada tabla, hertzio y hemisferio, *cuadros* como los siguientes, que recogen datos referidos a 12 Hz, para iniciar la presentación, y Hemisferios Izquierdo y Derecho. Servirán de ejemplo para la presentación descriptiva y explicación posterior de los resultados estadísticos, entre 12 y 8 Hertzios.

5.4.3. MANOVA DE MEDIDAS REPETIDAS: 'Tiempos 0m. 0s. a 5m. 0s.'

5.4.3.1. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '12 Hertzios'

5.4.3.1.1. Análisis Exploratorios: '1º Cuadro del Análisis de Varianza'

Como aplicación del 'Manova', a cada una de las 'Subtablas 3.1 a 3.30', con cada cuadro y hertzio, se producen hasta 8 cuadros de 'Análisis de Varianza'. El 'Manova' suministra, en primer lugar, en el '1º Cuadro del Análisis de Varianza', Cuadro 5.5.1, un *Análisis Exploratorio de los Datos*:

Cuadro 5.5.1. '1º Cuadro del Análisis de Varianza'

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	1.203	5.690	5	6.010	1.120	Var1
Gru2	.926	5.626	5	5.104	.905	Var2
Gru3	1.145	4.824	5	5.086	1.416	Var3
Gru4	.942	5.508	5	5.312	1.001	Var4
Gru5	.931	5.216	5	5.388	1.247	Var5

Incluye este análisis una estadística descriptiva univariable: Contiene, desde el *Gru1* hasta el *Gru5*, (Hemisferio Izquierdo), para cada grupo, y desde *Var1* a *Var5*, (Hemisferio Derecho), con la *Media*, la *Desviación Típica* y el *N de Sujetos*, para ambos Hemisferio. Estos datos sirven de apoyo para la comprobación de los supuestos paramétricos y para una depuración de la matriz de datos.

5.4.3.1.2. Análisis de Diferencias: Transformación de Variables

En este experimento hemos trabajado con 5 sujetos, promedio de 4 sujetos por grupo, según exigencias del Diseño. Cada uno de ellos ha producido un registro en cada uno de los grupos de tratamiento, tanto en el Hemisferio Izquierdo como en el Derecho. Interesa comprobar, de momento, si los tratamientos producen diferencias, respecto al *Grupo Control*, si esas diferencias son significativas, y cuál es la estimación de las diferencias.

Para comprobar que los cinco tratamientos no producen los mismos resultados, sino diferentes, y en la dirección hipotetizada, el 'Manova' exige transformar las variables. Se trata de analizar con ello las combinaciones lineales de sus diferencias. Estas combinaciones lineales, llamadas *Contrastes*, se eligen para que sean estadísticamente independientes

(*Orthogonal*) y para que la suma de los coeficientes al cuadrado sea 1 (*Normalizados*). Tales contrastes se llaman *Ortonormalizados*. El número de contrastes estadísticamente independientes que podemos tener con un factor, es igual al número de niveles, aquí 5, menos uno. Es decir, vamos a tener cuatro contrastes. De esta transformación surge el '*2º Cuadro del Análisis de Varianza*'. Este análisis se resume en el siguiente *Cuadro 5.5.2a*:

Cuadro 5.5.2a. '2º Cuadro del Análisis de Varianza'

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Matriz de Transformación Ortonormalizada					
	Cons	Dif2/Di12	Dif3/Di13	Dif4/Di14	Dif5/Di15
Gru1/Var1	.447	-.707	-.408	-.289	-.224
Gru2/Var2	.447	.707	-.408	-.289	-.224
Gru3/Var3	.447	.000	.816	-.289	-.224
Gru4/Var4	.447	.000	.000	.866	-.224
Gru5/Var5	.447	.000	.000	.000	.894

Aparecen en este cuadro, las nuevas variables creadas, para el Hemisferio Izquierdo, *Cons*, *Dif12*, *Dif13*, *Dif14*, *Dif15*, a partir de las cinco originales *Gru1* a *Gru5*, y *Cons*, *Di12*, *Di13*, *Di14*, *Di15*, para las originales *Var1* a *Var5*, para el Hemisferio Derecho, con la transformación de las diferencias. En la tabla, cada columna contiene los coeficientes para cada contraste concreto: .707 para *Dif12 Var12*; .816 para *Dif13 Var13*, .866 para *Dif14 Var14*, y .894 para *Dif15 Var15*. Son los mismos para ambos hemisferios, como puede comprobarse en el *Cuadro 5.5.2b*, del '*Apéndice A*'. Cada fila corresponde a una de las variables originales.

La primera variable transformada, suma de las variables originales, es la respuesta media, .447, común a todos los tratamientos. Es decir, la media en microvoltios en los 5 tratamientos. Es la constante, (*Cons*). Los otros cuatro contrastes, en conjunto, representan el efecto del tratamiento. Esos cuatro contrastes servirán para comprobar posteriormente las hipótesis sobre las diferencias entre todos los tratamientos.

5.4.3.1.3. Comprobaciones en busca de Diferencias.

1º. Comprobación del Efecto Constante

La primera hipótesis (*Hipótesis nula*) comprobable con un '*Manova*', es ver si la media global en la producción de microvoltios es igual a 0. Se basa en la primera variable transformada, y que se corresponde con el efecto constante.

El '*Manova*', gracias al comando '*Rename*', trabaja ya con los nombres dados a las nuevas variables, que son los que aparecen en el *Cuadro 5.5.2a*, ya expuesto.

En el *Cuadro 5.5.3*, aparece el '*3º Cuadro del Análisis de Varianza*' con los nombres de las variables, por si se quiere comprobar el efecto constante. La primera columna, con nombre *Variates*, indica qué variables transformadas están implicadas en la comprobación de un efecto concreto. Aparece aquí la variable *Cons*. La columna *Covariates*, aparece en blanco, pues no hay covarianza. La nota debajo de la tabla es un recordatorio de que los análisis están basados en las variables transformadas y que el análisis concreto es para el efecto constante.

Cuadro 5.5.3. '3º Cuadro del Análisis de Varianza'

'Nombres de Variables Transformadas'	
Orden de las Variables para el Análisis (Variates-Covariates)	
Variates	Covariates
Cons	
1 Dependent Variable	
0 Covariates	
Note: TRANSFORMED variables are in the variates column. These TRANSFORMED Variables Correspond to the Between-subject effect	

2º. El '4º Cuadro del Análisis de Varianza'

Vamos ahora a examinar el '4º Cuadro del Análisis de Varianza', *Test de los Efectos Entre-Sujetos*.

Dado que la comprobación de la *Constante* se basa en una variable individual, los resultados se muestran en el usual 'Cuadro de Análisis de Varianza Univariada', Cuadro 5.5.4:

Cuadro 5.5.4. '4º Cuadro del Análisis de Varianza'

Tests de significación para CONS empleando Sumas de Cuadrado Únicas						
	Fuente de Variación	SS	DF	MS	F	Sig. de F
Hemisferio Izquierdo	WITHIN CELLS	18.24	4	4.56		
	CONSTANT	721.67	1	721.67	158.24	.000
Hemisferio Derecho	WITHIN CELLS	18.25	4	4.56		
	CONSTANT	723.61	1	723.61	158.58	.000

Standard deviations for dependent variable CONS		
	Error Term	Std. Dev.
Hemisferio Izquierdo	WITHIN CELLS	2.13559
Hemisferio Derecho	WITHIN CELLS	2.13614

Estimates for CONS Individual univariates .9500 confidence intervals							
CONSTANT							
	Parameters	Coeff	Std.Dev.	t-value	Sig.	t lower-95%	CI - Upper
Hemisferio Izquierdo	1	12.0139460	.95507	12.57919	.00023	9.36226	14.66563
Hemisferio Derecho	1	12.0300457	.95531	12.59279	.00023	9.37767	14.68242

Se puede observar que las '*F*', con valores de 158,24/158,58, son muy significativas. Quiere esto decir que la constante no es igual a cero, tal como cabría esperar.

Tras este apartado de la tabla, el '*Manova*' suministra los cálculos del parámetro y las comprobaciones para decidir las hipótesis de si las variables concretas transformadas tienen una media de 0, o no. Para el efecto '*Constant*', el cálculo del parámetro, surge multiplicando la Constante, .447, por la suma de las 5 medias que aparecen en el '1º Cuadro del Análisis de Varianza' (.447 · (5.690 + 5.626 + 4.824 + 5.508 + 5.216) = 12.0139460).

La Constante no es igual a cero. Por lo tanto, los valores de '*t*', 12.57919/12.59279, para comprobarlo, son las raíces cuadradas exactas de las '*F*', 158.24/158.58, del apartado anterior, y son muy significativas. No tienen, pues, las variables transformadas media igual a cero.

3º. Comprobación del Efecto Relajación

Nuestra hipótesis de interés en esta investigación es ver si el tipo de inducción del alivio del estrés crea diferencias en función de la tecnología concreta empleada.

Esta comprobación depende de las cuatro variables transformadas, de *Dif12* a *Dif15*, y de *Di12* a *Di15*, que aparecen, por orden, en el primer apartado del '5º Análisis de Varianza', Cuadro 5.5.5.

Cuadro 5.5.5. '5º Cuadro del Análisis de Varianza'

Nombre de Variables Transformadas Order of Variables for Analysis	
Variates	Covariates
DIF12 D12 DIF13 D13 DIF14 D14 DIF15 D15 4 Dependent Variables 0 Covariates	
Note: TRANSFORMED variables are in the variates column. These TRANSFORMED variables correspond to the 'Gru' Within-Subject effect	

WITHIN CELLS Correlations with Std. Devs. on Diagonal									
Hemisferio Izquierdo					Hemisferio Derecho				
	D12	D13	D14	D15		D12	D13	D14	D15
D12	.576				D12	.716			
D13	.394	.955			D13	-.733	.912		
D14	-.751	-.636	.635		D14	.033	-.636	.641	
D15	-.391	.095	.638	.562	D15	-.072	.095	.296	.562

Interesa, pues, detectar las diferencias, si es que existen, entre los 5 tratamientos. Para ello se pueden seguir dos aproximaciones, la multivariada y la univariada. Se plantea la cuestión de cuál de las dos elegir. Si ambas aproximaciones conducen a resultados similares, no tiene importancia elegir una u otra. En el '7º Cuadro del Análisis de Varianza' se nos presentan los estadísticos para ambas opciones, Cuadros 5.5.6.

a) Aproximación basada en Criterios Multivariados

Esta aproximación considera las mediciones de cada sujeto como que son una muestra proveniente de una distribución normal y no tiene en cuenta las características de la matriz varianza-covarianza.

En el '7º Cuadro del Análisis de Varianza', aparecen varios criterios, con el nombre del Test: *Trazas de Pillai* y *Hotellings*, *Lambda de Wilks* y *Raiz Cuadrada de Roys*. Les acompañan, con sus valores, las '*F*' exactas, para cuatro grados de libertad, y la significación.

Cuadro 5.5.6a. '7º Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT ... GRU Multivariate Tests of Significance (S = 1, M = 1, N = -1/2)										
Test Name	Hemisferio Izquierdo					Hemisferio Derecho				
	Value	Exact F	Hypot.DF	Error DF	Sig. F	Value	Exact F	Hypot.DF	Error DF	Sig. OF F
Pillai	.85466	1.47012	4.00	1.00	.544	.96078	6.12423	4.00	1.00	.293
Hotellings	5.88048	1.47012	4.00	1.00	.544	24.49692	6.12423	4.00	1.00	.293
Wilks	14534	1.47012	4.00	1.00	.544	.03922	6.12423	4.00	1.00	.293
Roys	.85466					.96078				
Note.. F statistics are exact										

En el ejemplo, Cuadro 5.5.6a, la '*F*', que es igual en los cuatro criterios en cada hemisferio, con los niveles de significación, $.544 / .293$, ($p > .05$), nos sitúan en la *hipótesis nula*. No se detectan esas diferencias esperadas entre los diferentes métodos de inducción, en relación con 'Grupo Control', ni en el hemisferio izquierdo ni en el derecho.

b) Aproximación Univariada, también llamada Modelo Mixto

Esta aproximación exige algunos requisitos respecto de la matriz varianza-covarianza. Si se cumplen esas condiciones, especialmente en casos de muestras de pequeño tamaño, como en este nuestro, esta aproximación puede resultar, para detectar las diferencias, si es que existen, más potente que la aproximación multivariada.

Los *Tests* de la '*F*' *Univariada* aparecen en la 2ª parte del '*7º Cuadro del Análisis de Varianza*', *Cuadro 5.5.6b*.

Cuadro 5.5.6b. '7º Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	.01024	1.32886	.01024	.33222	.03082	.869
	DIF13	2.31852	.82852	2.31852	20714	11.19274	.029
	DIF14	.06144	.53246	.06144	.13311	.46156	.534
	DIF15	.15366	.54456	.15366	.13614	1.12873	.348
Hemisferio Derecho	DI12	2.05209	2.04826	2.05209	.51206	4.00748	.116
	DI13	.73947	3.32818	.73947	.83205	.88874	.399
	DI14	.02904	1.64501	.02904	.41125	.07061	.804
	DI15	.00040	1.26471	.00040	.31618	.00127	.973

La primera fila corresponde a una comprobación para ver si existe diferencia en los registros entre el '*Grupo Control*', a_1 , y el '*Grupo Colchoneta*', a_2 , *Dif12* *Di12*. Para 12 Hertzios, con unas '*F*' de $.03082 / 4.00748$, y un nivel de significación de $.869 / .116$, ($p > .05$), no se puede afirmar que se detecten diferencias significativas. Entre el '*Grupo Control*', a_1 , y el '*Grupo Jacobson*', a_3 , *Dif13*, hemisferio izquierdo, la diferencia, con una '*F*' de $11.192774 / .88874$, parece que es significativa, $.029$, ($p < .05$). Pero luego se verá, en los cálculos/estimaciones de las diferencias, que ésta es negativa. Es decir, la media del '*Grupo*', a_3 , como puede comprobarse en el '*1º Cuadro del Análisis de Varianza*', es muy inferior a la registrada para el '*Grupo Control*', a_1 .

c) Resultados Univariados Medios

Todas las comprobaciones univariadas concretas, puesto que son ortogonales, pueden juntarse para obtener así la comprobación de una '*F*' promediada. Se pueden examinar en la primera parte del '*8º Cuadro del Análisis de Varianza*', *Cuadro 5.5.7a*.

Las entradas y números surgen del '*2º Apartado*' del '*7º Cuadro del Análisis de Varianza*', *Cuadro 5.5.7b*.

Estos resultados, sobre todo los valores de las '*F*', $3.15 / 1.36$, con sus grados de libertad y su nivel de significación, nos orientan también para detectar si las diversas *tecnologías neurométricas* inducen algún tipo de cambio que marque diferencias significativas con el '*Grupo Control*'. En el ejemplo, para 12 Hz, hemisferio izquierdo, el valor promediado de '*F*', 3.15 , es significativo, $.044$ ($p < .05$), y no lo es para el hemisferio derecho, '*F*', 1.36 , ($p = .291$).

Esto nos lleva a consultar para ver dónde y por qué se dan esas diferencias y cuál es el grupo que las produce. En el '*1º Cuadro del Análisis de Varianza*' se comprueba que las medias de los *Gru3*, *Gru4* y *Gru5*, son muy inferiores a la del '*Grupo Control*'. Esto hace que los cálculos de las diferencias para *Dif13*, *Dif14*, *Dif15*, que aparecen en el '*8º Cuadro del Análisis de Varianza*' se manifiesten con valores negativos en el '*coeficiente*' y en las '*t-value*', *Cuadro 5.5.7b*.

Cuadro 5.7a. '8º Cuadro del Análisis de Varianza'

Comprobación de la 'F' promediada Tests Involving 'GRU' Within-Subject Effect						
AVERAGED Tests of Significance for GRU using UNIQUE sums of squares						
Source of Variation		SS	DF	MS	F	Sig. of F
Hemisferio	WITHIN CELLS	3.23	16	.20		
Izquierdo	GRU	2.54	4	.64	3.15	.044
Hemisferio	WITHIN CELLS	8.29	16	.52		
Derecho	VAR	2.82	4	.71	1.36	.291

d) Cálculo de la Magnitud de las Diferencias

Podemos examinar los valores de cada contraste en el '8º Cuadro del Análisis de Varianza', Cuadro 5.5.7b.

Cuadro 5.5.7b. '8º Cuadro del Análisis de Varianza'

Estimates for DIF12 / DI12, DIF13 / DI13, DIF14 / DI14 and DIF15 / DI15 Individual univariate .95000 confidence intervals							
Dif12 / Di12							
	Grp/Var Parameter	Coeff.	Std.Err.	t-Value	Sig. t	Lower-95%	CL-Upper
Hemisferio Izquierdo	1	-.04525483	.25777	-.17557	.86916	-.76093	.67042
Hemisferio Derecho	1	-.64063874	.32002	-2.00187	.11587	-1.52916	.24788
Dif13 / Di13							
	Grp/Var Parameter	Coeff.	Std.Err.	t-Value	Sig. t	Lower-95%	CL-Upper
Hemisferio Izquierdo	1	-.68095815	.20354	-3.34556	.02869	-1.24608	-.11584
Hemisferio Derecho	1	-.38456989	.40793	-.94273	.39920	-1.51717	.74803
Dif14 / Di14							
	Grp/Var Parameter	Coeff.	Std.Err.	t-Value	Sig. t	Lower-95%	CL-Upper
Hemisferio Izquierdo	1	.11085125	.16317	.67938	.53418	-.34217	.56387
Hemisferio Derecho	1	-.0761024	.28679	-.26573	.80358	-.87248	.72006
Dif15 / Di15							
	Grp/Var Parameter	Coeff.	Std.Err.	t-Value	Sig. t	Lower-95%	CL-Upper
Hemisferio Izquierdo	1	-.17530773	.16501	-1.06242	.34793	-.63344	.28283
Hemisferio Derecho	1	.00894427	.25147	.03557	.97333	-.68924	.70713

Los cálculos de las diferencias que aparecen en este análisis, desde Dif12 a Dif15, y desde Di12 a Di15, al nivel de confianza del .95%, surgen así: En el cálculo para los cuatro contrastes, desde Dif12 a Dif15, encontramos los números de la columna 'Coeff.', que son los valores medios para los contrastes normalizados. Están calculados en el siguiente Cuadro 5.5.7c:

Cuadro 5.5.7c. '8º Cuadro del Análisis de Varianza'

Cálculo de Coeficientes			
Hemisferio Izquierdo	DI12	$5.626 - 5.690 = -.64$	-.04525483
	DI13	$4.824 - (5.690 + 5.626/2) = -.834 = .816$	-.68095815
	DI14	$5.508 - (5.690 + 5.626 + 4.824/3) = .128 = .866$	.11085125
	DI15	$5.216 - (5.690 + 5.626 + 4.824 + 5.508/4) = -.196 = .894$	-.17530773
Hemisferio Derecho	DI12	$5.104 - 6.010 = -.906 = .707$	-.64063874
	DI13	$5.086 - (6.010 + 5.104/2) = -.471 = .816$	-.38456989
	DI14	$5.312 - (6.010 + 5.104 + 5.086/3) = -.0088 = .866$	-.07610240
	DI15	$5.388 - (6.010 + 5.104 + 5.086 + 5.312/4) = .01 = .894$	.00894427

Así, en el primer cálculo, el '*t-value*', *-1.7557*, elevado al cuadrado, es igual a la '*F*', *.03082*, del '*7º Cuadro del Análisis de Varianza*', *Tests de 'F' Univariadas*, *Cuadro 5.5.6h*.

Y así se procede para todos los demás cálculos del Cuadro anterior.

e) Exigencias de la Aproximación Univariada

En el experimento que estamos explicando los sujetos son los mismos en todos los tratamientos. No se les ha asignado a diversos grupos, sino que todos han pasado secuencialmente, como queda ya explicado pormenorizadamente, por todos los tratamientos. Esto asegurado, el único requisito para usar los resultados univariados es que las varianzas de todas las variables transformadas, para un efecto, sean iguales, y su covarianza sea igual a cero.

El '*Manova*' suministra procedimientos para comprobar la hipótesis de que la matriz de covarianza de las varianzas transformadas tiene una varianza constante y ceros fuera de la diagonal.

Esos procedimientos aparecen en el '*6º Cuadro del Análisis de Varianza*', *Cuadro 5.5.8*.

Cuadro 5.5.8. '6º Cuadro del Análisis de Varianza'

Tests Involving 'GRU' Within-Subject Effect		
	Hemisferio Izquierdo	Hemisferio Derecho
Mauchly sphericity test, W'	0.2082	0.4210
Chi-square approx.	9.35676 with 9 D.F.	7.65512 with 9 D.F.
Significance	.405	.569
Greenhouse-Geisser Epsilon	.52364	.55587
Huynh-Feldt Epsilon	1.00000	1.00000
Lower-bound Epsilon	.25000	.25000
AVERAGED Tests of Significance that follow multivariate tests are equivalent to univariate or split-plot or mixed-model approach to repeated measures. Epsilon may be used to adjust d.f. for the AVERAGED results.		

El primero de esos procedimientos es el *Test de Esfericidad de Mauchly*, que no es muy potente con muestras pequeñas, y si, y mucho, con muestras amplias.

En el '*5º Análisis de Varianza*' hemos visto el cuadro de correlaciones, con las desviaciones estándar en la diagonal, correspondientes a las cuatro variables transformadas que contemplan el posible efecto de la tecnología neurométrica, y ahora se puede contemplar el *Test de Esfericidad de Mauchly*, y el nivel de significación, basado en la aproximación ' χ^2 '.

En este primer análisis, con 12 Hz, que nos sirve de soporte para la presentación de resultados, el nivel de significación es *.405*, ($p > .05$). Esto nos dice que estamos dentro de la hipótesis nula.

Cuando el nivel de significación es pequeño, y la suposición de esfericidad aparece haber sido violada, puede hacerse un ajuste en los grados de libertad del numerador y del denominador. El '*Manova*' suministra dos cálculos de ese ajuste llamados '*Epsilon*'. Los grados de libertad, tanto del numerador como del denominador deben ser multiplicados por la '*Epsilon*'. La '*F*' resultante debe evaluarse con estos nuevos grados de libertad. En el cuadro del '*6º Análisis de Varianza*' nos aparecen dos procedimientos: La '*Epsilon de Greenhouse-Geisser*' y la '*Epsilon de Huynh-Feldt*'. Esta segunda es demasiado conservadora, especialmente con muestras pequeñas.

También aparece, en la última línea, el valor más bajo posible de la '*Epsilon*'.

Y una aclaración, la '*Epsilon de Huynh-Feldt*' está, a veces, por encima del valor 1. El '*Manova*' muestra siempre, en ese caso, el valor de 1.

5.4.3.2. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '11 Hertzios'

La presentación de los resultados del 'Manova' para los restantes hertzios, y en ambos hemisferios va a ser rápida y breve. Basta con contemplar el Cuadro 5.5.9, para comprender, que las medias y desviaciones estándar de los diversos grupos, con 11 Hz, y en relación con Grupo Control, son diferentes.

Cuadro 5.5.9. 1^{er} Cuadro del Analisis de Varianza

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	1.439	8.390	5	8.840	1.890	Var1
Gru2	1.170	8.260	5	7.950	1.609	Var2
Gru3	1.833	7.702	5	7.820	1.969	Var3
Gru4	1.085	8.660	5	8.466	811	Var4
Gru5	1.062	8.440	5	8.254	2.692	Var5

Pero esas diferencias en las medias de los cuatro Grupos Experimentales, aunque en algunos casos sean superiores a las medias del Grupo Control, no son significativas. Todo esto se comprueba en el Cuadro 5.5.10, con datos provenientes de una 'Aproximación Univariada', o de 'Modelo Mixto'.

Cuadro 5.5.10. 2^{er} Cuadro del Analisis de Varianza

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	.04225	81240	.04225	.20310	.20802	.672
	DIF13	1.29376	1.80652	1.29376	.45163	2.86465	.166
	DIF14	1.10433	3.21919	1.10433	.80480	1.37218	.306
	DIF15	.09120	1.26787	.09120	.31697	.28774	.620
Hemisferio Derecho	DH12	1.98025	1.89880	1.98025	.47470	4.17158	.111
	DH13	1.10208	1.35947	1.10208	.33987	3.24269	.146
	DH14	.25873	5.49602	.25873	1.37401	1.8830	.687
	DH15	.00090	7.08611	.00090	1.77153	.00051	.983

5.4.3.3. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '10 Hertzios'

En el Cuadro 5.5.11, se observa cómo las medias, en la producción de microvoltios, casi se han duplicado en comparación con las producidas en 12 Hz. Pero solamente la media del Grupo Colchoneta, Gru2, arroja una media superior, en el hemisferio izquierdo, a la del Grupo Control, Gru1.

Cuadro 5.5.11. 1^{er} Cuadro del Analisis de Varianza

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	1.381	9.810	5	9.460	1.647	Var1
Gru2	1.180	9.966	5	9.292	1.249	Var2
Gru3	1.333	8.840	5	8.538	1.337	Var3
Gru4	1.115	9.374	5	8.828	1.150	Var4
Gru5	1.142	9.126	5	9.304	1.324	Var5

El *Grupo Jacobson*, *Gru3*, en contraste, produce una media bastante inferior a la del *Grupo Control*.

A pesar de las medias superiores del *Grupo Colchoneta*, las diferencias no son significativas. Se aprecia esa falta de significatividad en el *Cuadro 5.5.12*.

Cuadro 5.5.12. '7° Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	06084	55786	06084	12946	43624	545
	DIF13	3.66101	1.27789	3.66101	31947	11.45959	028
	DIF14	10168	5.55889	10168	1.38972	07317	800
	DIF15	55205	3.25062	81265	81265	67932	456
Hemisferio Derecho	D12	07056	2.87784	07056	71946	09807	770
	D13	2.34081	2.59905	2.34081	64976	3.60256	131
	D14	27068	6.52753	27068	1.63188	16587	705
	D15	30140	2.70888	30140	67722	44506	541

En este Cuadro aparecen significativas, por más bajas, las diferencias de medias, *Dif13*, y en el hemisferio izquierdo, entre el *Grupo Control* y el *Grupo Jacobson*

5.4.3.4. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '9 Hertzios'

Las medias en las frecuencias de 9 Hz se pueden apreciar en el *Cuadro 5.5.13*. Los valores han descendido respecto a las medias en 10 Hz.

Cuadro 5.5.13. '1° Cuadro del Análisis de Varianza'

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	988	8.240	5	8.260	822	Var1
Gru2	1.130	8.830	5	7.742	830	Var2
Gru3	1.016	7.424	5	7.146	781	Var3
Gru4	1.841	7.986	5	7.482	1.553	Var4
Gru5	687	7.476	5	6.704	568	Var5

Solamente el *Grupo Colchoneta*, *Gru2*, y en el hemisferio izquierdo, presenta una media superior, sin que esas diferencias con las del *Grupo Control*, *Gru1*, sean significativas. Si vuelven a ser muy significativas, pero por más bajas, las medias del *Grupo Jacobson*, *Gru3*, tanto en el hemisferio izquierdo como en el derecho, *Cuadro 5.5.14*.

Cuadro 5.5.14. '7° Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	87025	1.20350	87025	30087	2.89240	164
	DIF13	4.11440	16911	4.11440	04228	97.31707	001
	DIF14	11971	8.00888	11971	2.00222	05979	819
	DIF15	1.65894	1.52001	1.65894	38000	4.36562	105
Hemisferio Derecho	D12	67081	3.15834	67081	78959	84957	409
	D13	2.43675	67550	2.43675	16888	14.42931	019
	D14	20533	6.14909	20533	1.53727	13357	733
	D15	3.63665	96293	3.63665	24073	15.10666	018

5.4.3.5. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '8 Hertzios'

En relación con los 8 Hz, se sigue observando la tendencia descendente en las medias, comparadas con las de 10 Hz., y se acercan a las de 12 Hz, *Cuadro 5.5.15.*

Cuadro 5.5.15. '1° Cuadro del Análisis de Varianza'

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	1.271	7.026	5	7.050	.960	Var1
Gru2	1.122	7.596	5	6.206	.630	Var2
Gru3	1.556	6.432	5	6.096	.984	Var3
Gru4	1.769	6.906	5	6.222	1.526	Var4
Gru5	1.261	6.340	5	6.330	1.152	Var5

Igualmente a como ocurría en los hertzios anteriores, el *Grupo Colchoneta, Gru2*, y en el hemisferio izquierdo, es el único que supera la media del *Grupo Control, Gru1*, sin que esa diferencia sea significativa. Pero se observa diferencia en el *Grupo Synchro-Música, Gru5*, cuya media es mucho más baja y muy significativa respecto a la del *Grupo Control, Gru1*, como se puede observar en el *Cuadro 5.5.16.*

Cuadro 5.5.16. '7° Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	.81225	1.21740	.81225	.30435	2.66880	.178
	DIF13	2.57547	1.38528	2.57547	.34632	7.43668	.053
	DIF14	.04704	2.10891	.04704	.52723	.08922	.780
	DIF15	1.69000	.28049	1.69000	.07012	24.10068	.008
Hemisferio Derecho	DI12	1.78084	.92086	1.78084	.23022	7.73555	.050
	DI13	.94341	.54509	.94341	.13627	6.92303	.058
	DI14	.19608	2.17284	.19608	.54321	.36097	.580
	DI15	.01613	.68787	.01613	.17197	.09379	.775

5.4.3.6. Análisis de 'Perfiles de Sincronización Cerebral'. 'Tiempos 0m. 0s. a 5m. 0s.'

En las *Tablas 3, 5, 7, 9*, del 'Apéndice A', se pueden encontrar, englobados, todos los datos directos de los 20 sujetos, para cada uno de los cuatro *Tiempos* seleccionados. De esas tablas se han extraído las series de *Tablas 4, 6, 8, 10*. Como ejemplo nos vamos a fijar en las *Tablas 4.1 a 4.20*, donde se encuentran los datos promediados, sujeto por sujeto, en ambos hemisferios, desde 30 a 1 Hz, en los cinco Tratamientos. El análisis de estas tablas sirve para comprobar si se produce, o no, sincronización cerebral como fruto de la tecnología aplicada, y si esa sincronización también se produce en los cuatro tratamientos experimentales de forma diferenciada frente al *Grupo Control*.

Pero como presentación más pormenorizada, vamos a tomar como base las *Tablas 4.21 a 4.25*, donde se recogen los resultados de los 20 sujetos, reducidos ya a los 5 del diseño, y en ambos hemisferios. Y como ejemplo se presentan los resultados de los sujetos 1 y 5 (*Tablas 4.21 y 4.25*). Por si mismas son elocuentes, pero más explicativa puede resultar la contemplación de las figuras generadas con los datos de cada tabla. Se recogen cinco figuras por sujeto, una para cada uno de los Tratamientos (*Figura A 4.21-1 a 21-5, y 25-1 a 25-5*). Son figuras dobles, con datos numéricos sobreimpresionados tanto para el hemisferio izquierdo como para el derecho.

Tabla 4.21. Resultados promediados del Sujeto 1, en ambos Hemisferios, desde 30 a 1 Hz, en los 5 Tratamientos. Perfil de Sincronización Cerebral. Tiempo 0m. 0s. a 5m. 0s.

	a ₁	a ₁	a ₂	a ₂	a ₃	a ₃	a ₄	a ₄	a ₅	a ₅
H _z	H1z1	Hde1	H1z2	Hde2	H1z3	Hde3	H1z4	Hde4	H1z5	Hde5
30	,45	,60	,38	,38	,55	,45	,50	,63	,35	,65
29	,60	,60	,38	,38	,55	,45	,63	,63	,53	,65
28	,45	,85	,38	,38	,55	,73	,75	,75	,75	,80
27	,85	,85	,63	,63	,70	,73	,88	,88	,63	,80
26	1,00	1,00	,75	,75	,98	,83	1,00	1,00	1,00	1,15
25	1,00	1,00	,98	,88	1,08	1,18	1,13	1,25	1,25	1,25
24	1,10	1,25	1,25	1,15	1,27	1,18	1,55	1,75	1,35	1,75
23	1,45	1,45	1,40	1,15	1,43	1,48	1,88	2,00	1,75	2,00
22	2,45	2,20	1,53	1,55	1,68	1,98	2,63	2,25	2,13	2,23
21	1,75	1,75	2,23	1,95	1,98	1,83	2,75	2,38	2,40	2,60
20	2,10	2,35	2,10	1,83	1,98	1,95	2,63	2,50	2,50	2,45
19	2,45	2,35	2,45	2,20	2,35	2,20	2,63	2,63	2,35	2,35
18	2,85	3,00	2,60	2,58	2,85	2,83	3,00	2,63	2,50	2,50
17	3,10	3,50	3,23	2,80	3,35	3,10	3,12	3,88	2,75	3,00
16	3,50	3,60	3,48	3,45	3,45	3,85	3,45	3,25	3,35	4,45
15	4,00	3,75	4,10	3,58	3,47	3,97	4,13	3,88	3,63	4,00
14	4,75	4,25	4,10	4,07	4,47	4,35	4,63	4,13	4,25	4,13
13	5,35	5,15	4,97	5,35	5,33	4,97	6,30	5,75	5,75	5,53
12	7,60	7,25	6,23	6,37	5,85	5,63	7,03	6,63	6,65	6,38
11	9,75	9,25	8,55	7,67	8,85	8,08	9,45	9,55	9,60	9,40
10	11,95	9,70	10,48	7,93	9,25	8,67	10,03	9,18	9,48	11,05
9	9,65	9,50	9,50	7,00	8,65	8,02	9,40	7,75	8,15	6,35
8	8,70	8,55	8,10	6,65	8,63	7,38	8,90	7,88	8,05	7,75
7	7,90	7,75	7,38	6,00	8,07	7,03	8,28	7,38	8,18	7,60
6	8,10	7,40	7,28	6,50	8,95	7,13	8,13	7,25	8,00	7,68
5	8,45	8,05	7,73	7,57	8,83	7,68	8,13	7,45	8,35	7,90
4	8,70	8,85	7,70	7,82	9,23	7,95	8,00	7,70	8,25	7,93
3	9,35	8,60	8,32	8,30	9,57	7,93	8,18	7,13	8,05	7,88
2	9,45	8,95	8,33	8,30	9,45	8,30	7,25	7,00	7,85	7,55
1	6,00	6,40	4,72	5,18	6,13	4,88	4,65	4,13	5,53	5,25

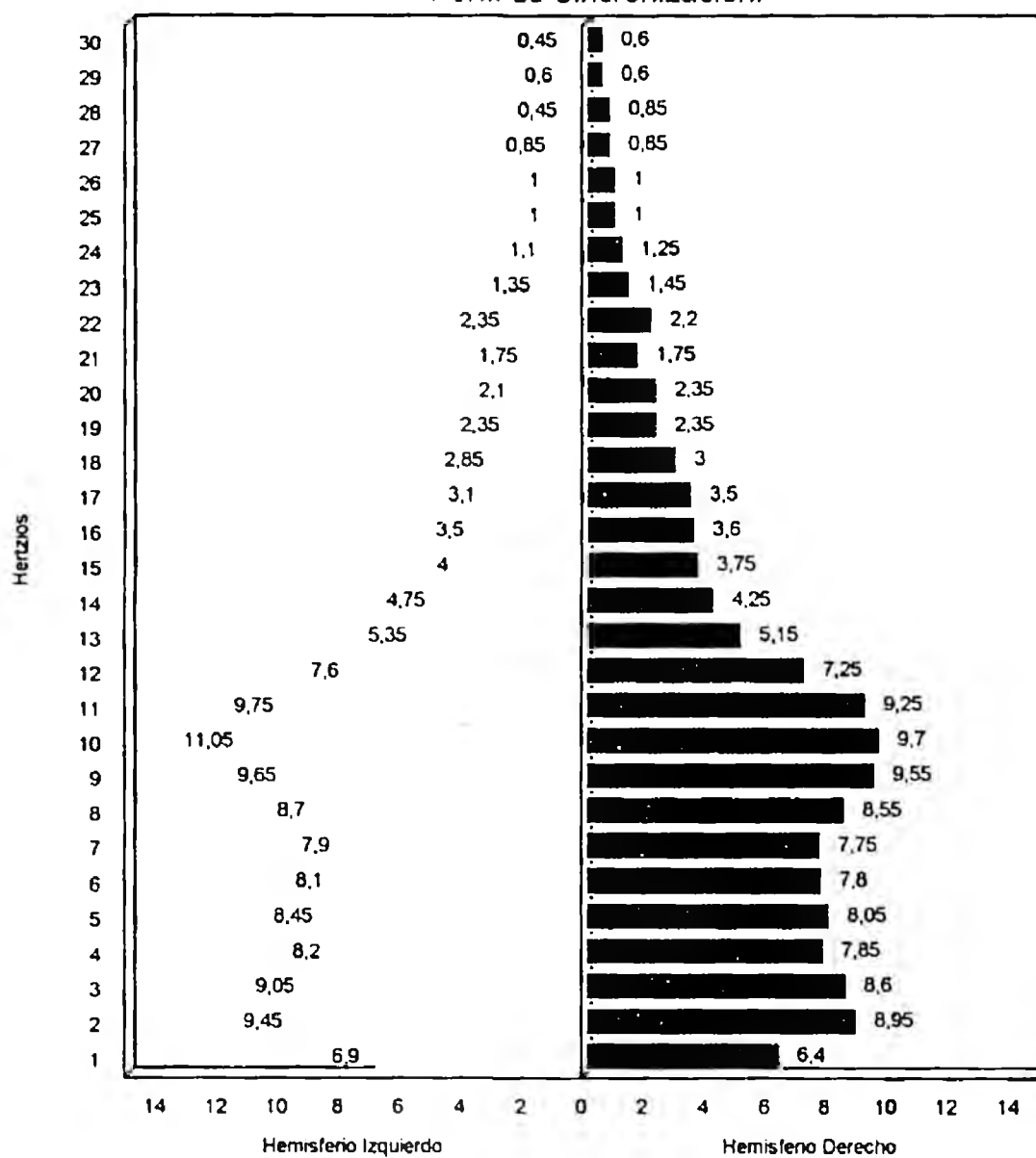
Tabla 4.25. Resultados promediados del Sujeto 5. En ambos Hemisferios, desde 30 a 1 Hz, en los 5 Tratamientos. Perfil de Sincronización Cerebral. Tiempo 0m. 0s. a 5m. 0s.

	a ₁	a ₁	a ₂	a ₂	a ₃	a ₃	a ₄	a ₄	a ₅	a ₅
H _z	H1z1	Hde1	H1z2	Hde2	H1z3	Hde3	H1z4	Hde4	H1z5	Hde5
30	,40	,40	,25	,53	,25	,40	,50	,63	,75	,50
29	,80	,50	,38	,53	,68	,68	,75	,75	,88	,75
28	,30	,55	,50	,53	,50	,55	,25	,38	,50	,50
27	,60	,45	,50	,65	,52	,45	,63	,63	,50	,75
26	,60	,60	,63	,65	,52	,83	,63	,75	,50	,75
25	,70	,80	,75	,78	,68	,83	,63	,63	,75	,88
24	,70	,90	,63	1,13	,83	,83	,88	,88	,88	1,00
23	,90	1,00	1,00	1,13	1,08	1,17	1,13	1,13	,88	1,00
22	1,65	1,70	1,53	2,15	1,43	1,43	2,25	2,38	1,75	1,88
21	1,75	1,75	2,08	2,03	1,83	1,85	2,25	1,63	2,38	2,13
20	1,95	1,80	2,17	2,05	1,83	1,95	2,38	2,00	2,50	2,25
19	2,10	2,10	2,17	2,33	1,95	1,98	2,00	1,75	2,13	2,00
18	1,90	2,20	2,33	2,40	1,98	2,03	2,00	1,75	2,25	2,13
17	2,05	2,40	2,33	2,53	2,15	2,48	2,25	1,75	2,38	2,50
16	2,20	2,90	2,33	2,58	2,10	2,35	2,13	2,00	2,00	2,13
15	2,55	2,80	2,98	3,05	2,17	2,85	2,38	2,13	2,38	2,63
14	2,65	3,05	2,98	3,43	3,08	2,97	2,50	2,63	2,75	3,00
13	3,55	4,05	3,48	3,58	3,55	3,35	3,25	3,13	3,25	3,50
12	5,35	5,80	5,35	5,75	4,72	4,85	5,13	4,25	4,65	5,00
11	8,55	8,85	8,32	8,70	8,65	8,40	9,90	8,40	9,17	9,32
10	9,15	8,65	10,05	8,90	8,60	8,45	10,43	8,03	10,70	9,75
9	7,50	7,95	7,50	7,93	6,70	6,63	7,13	6,30	7,48	7,00
8	5,20	5,95	5,60	5,20	4,50	4,85	5,00	4,25	4,90	5,00
7	4,90	5,30	5,23	4,85	4,60	4,60	4,75	4,13	4,68	4,63
6	4,90	5,85	4,95	4,82	4,85	4,85	5,00	4,60	4,78	5,25
5	5,90	6,70	6,98	6,23	5,73	5,73	5,75	4,75	5,30	5,25
4	6,85	7,70	7,60	6,73	7,25	7,13	6,30	5,38	5,68	6,23
3	8,60	9,45	9,65	8,75	8,13	8,50	7,63	6,13	6,68	7,00
2	8,90	8,90	11,28	11,10	8,65	8,50	7,88	6,50	7,80	7,85
1	6,55	6,70	9,52	8,40	6,48	6,38	5,13	4,50	5,55	5,25

Figura A 4.21.1. Resultados promediados en Microvoltios del Sujeto 1, según Diseño, en ambos Hemisferios, desde 30 a 1 Hz, en Tratamiento 1

Tiempo 0m.0s. - 5m. 0s.

Perfil de Sincronización.

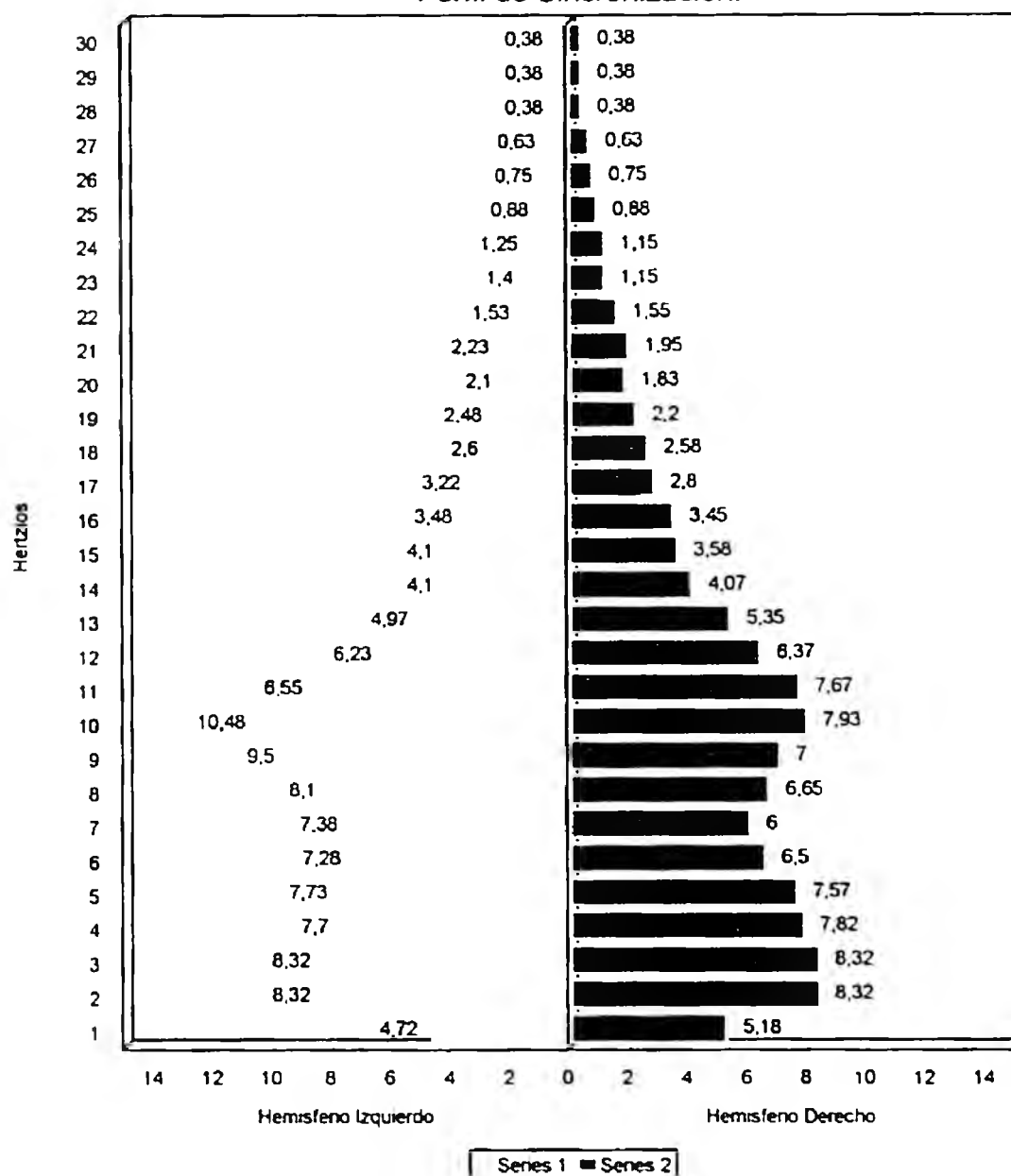


($r = .9976$, $p = .000$)

Figura A 4.21.2. Resultados promediados en Microvoltios del Sujeto 1, según Diseño, en ambos Hemisferios, desde 30 a 1 Hz, en Tratamiento 2

Tiempo 0m.0s. - 5m. 0s.

Perfil de Sincronización.

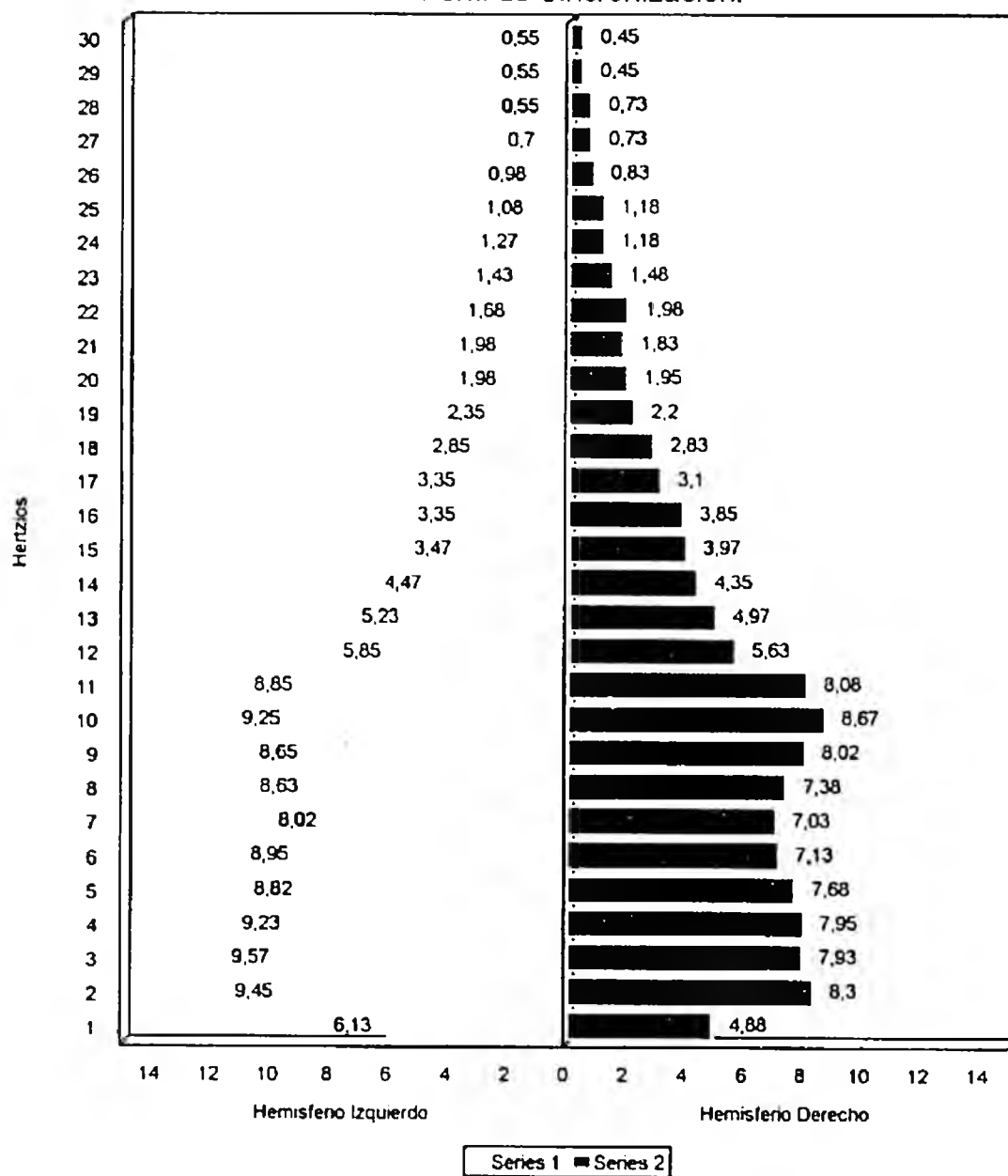


($r = .9784$, $p = .000$)

Figura A 4.21.3. Resultados promediados en Microvoltios del Sujeto 1, según Diseño, en ambos Hemisferios, desde 30 a 1 Hz, en Tratamiento 3

Tiempo 0m.0s. - 5m. 0s.

Perfil de Sincronización.

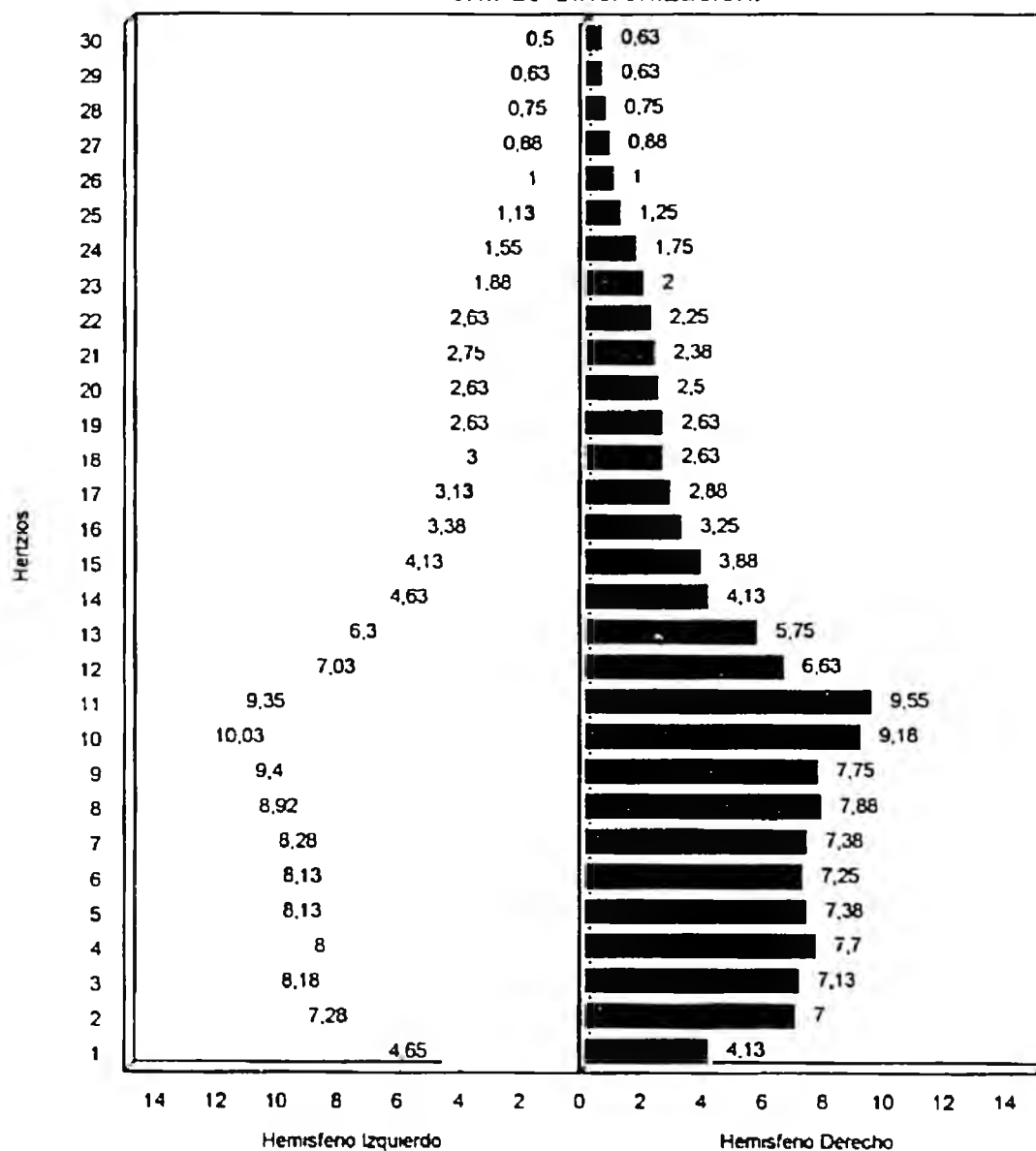


($r = .9928$, $p = .000$)

Figura A 4.21.4. Resultados promediados en Microvoltios del Sujeto 1, según Diseño, en ambos Hemisferios, desde 30 a 1 Hz, en Tratamiento 4

Tiempo 0m.0s. - 5m. 0s.

Perfil de Sincronización.

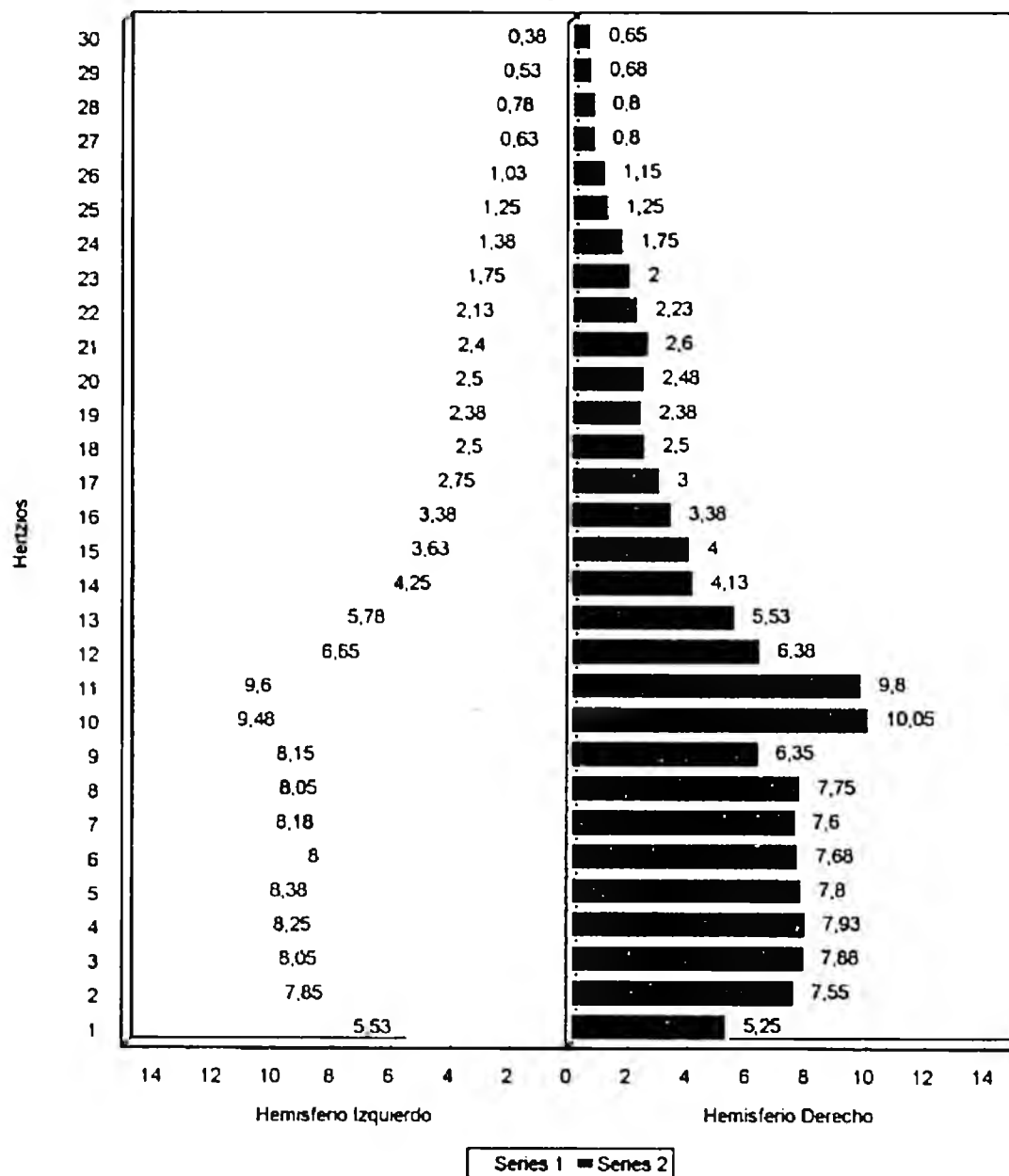


($r = .9946$, $p = .000$)

Figura A 4.21.5. Resultados promediados en Microvoltios del Sujeto 1, según Diseño, en ambos Hemisferios, desde 30 a 1 Hz, en Tratamiento 5

Tiempo 0m.0s. - 5m. 0s.

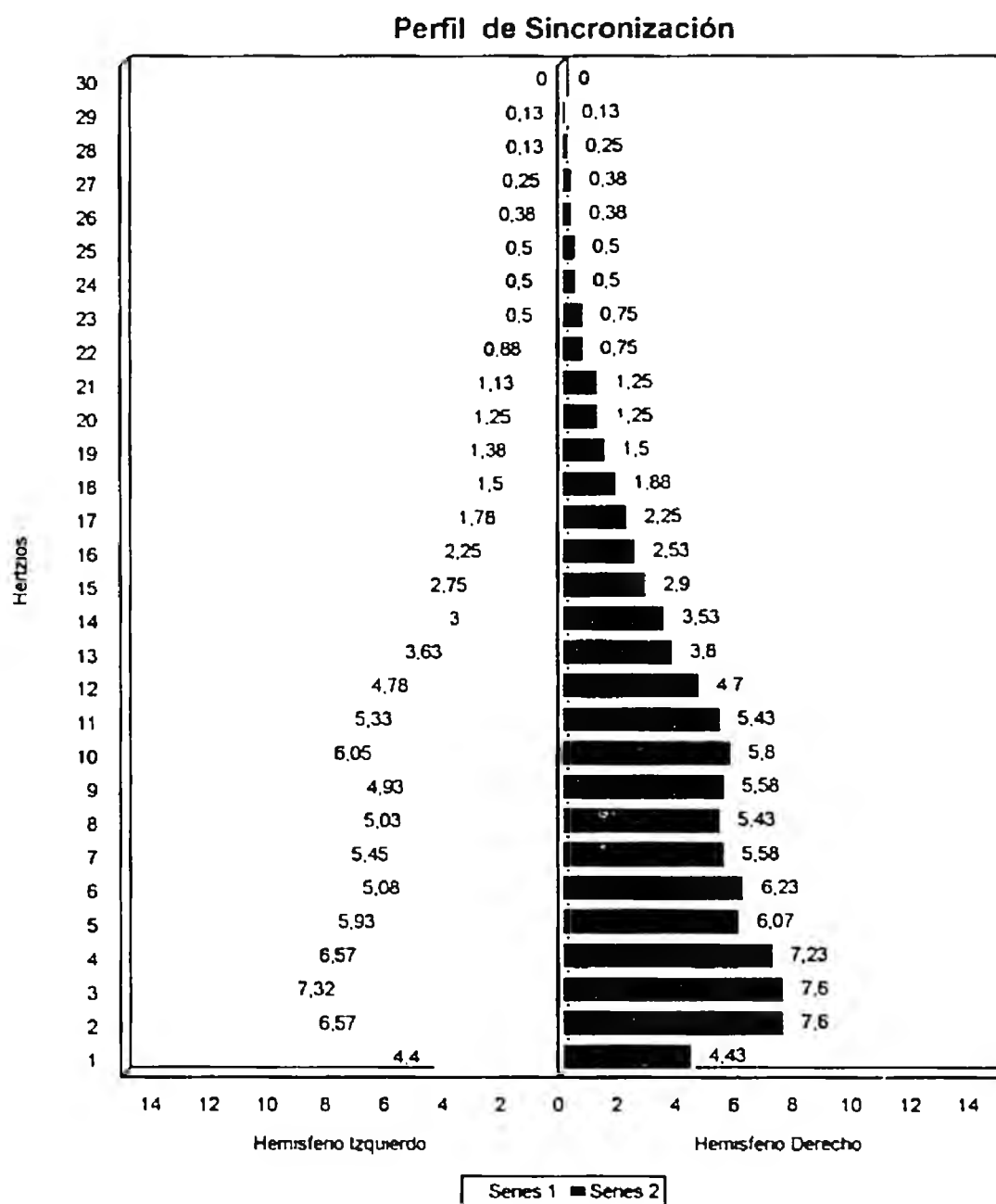
Perfil de Sincronización.



($r = .9921$, $p = .000$)

Figura A 10.25.1. Resultados promediados en Microvoltios del Sujeto 5, según Diseño, en ambos Hemisferios, desde 30 a 1 Hz, en Tratamiento 1

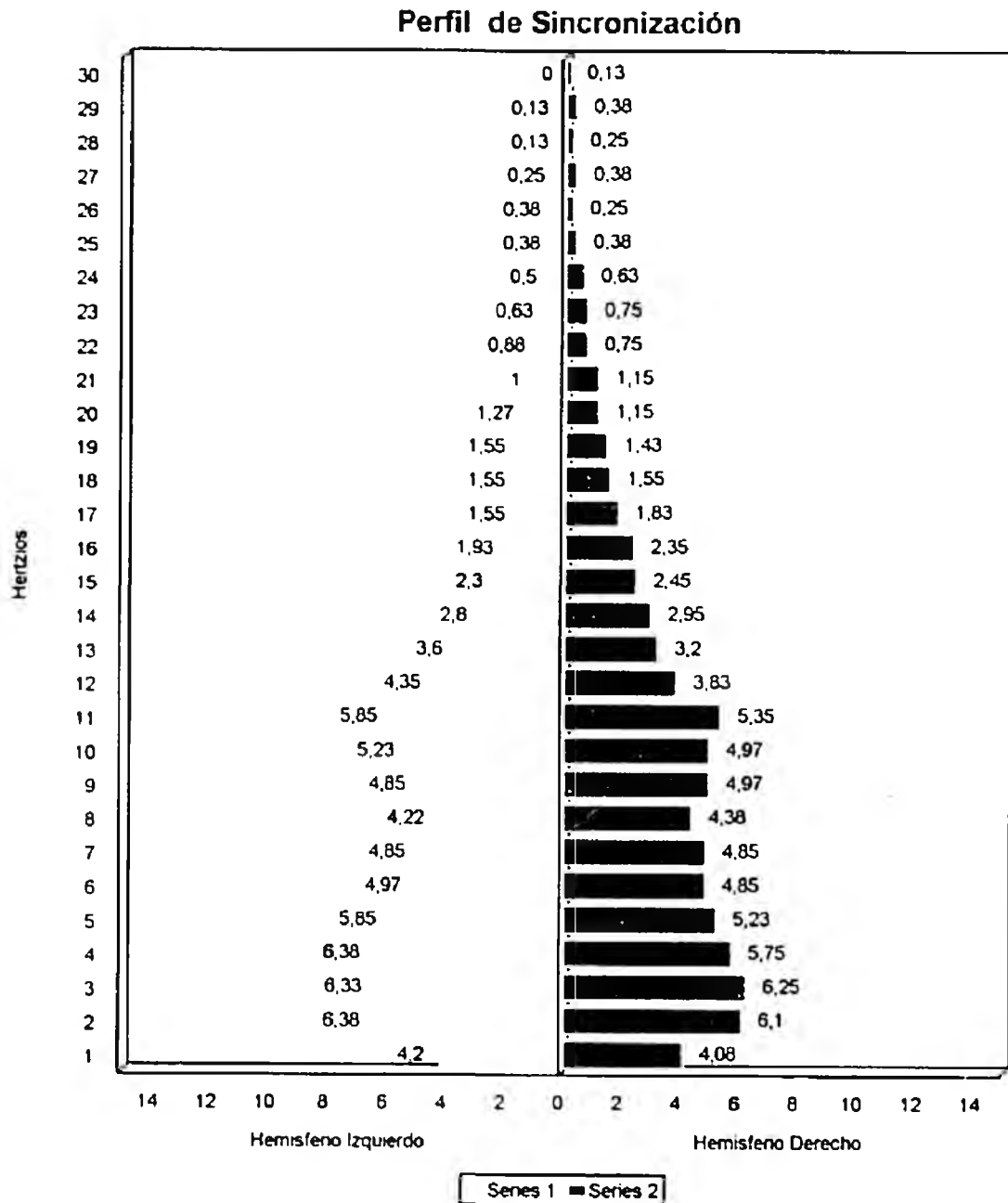
Tiempo 15m. 0s. - 20m. 0s.



($r = .9938$, $p = .000$)

Figura A 10.25.2. Resultados promediados en Microvoltios del Sujeto 5, según Diseño, en ambos Hemisferios, desde 30 a 1 Hz, en Tratamiento 2

Tiempo 15m. 0s. - 20m. 0s.



($r = .9929$, $p = .000$)

Figura A 10.25.3. Resultados promediados en Microvoltios del Sujeto 5, según Diseño, en ambos Hemisferios, desde 30 a 1 Hz, en Tratamiento 3

Tiempo 15m. 0s. - 20m. 0s.

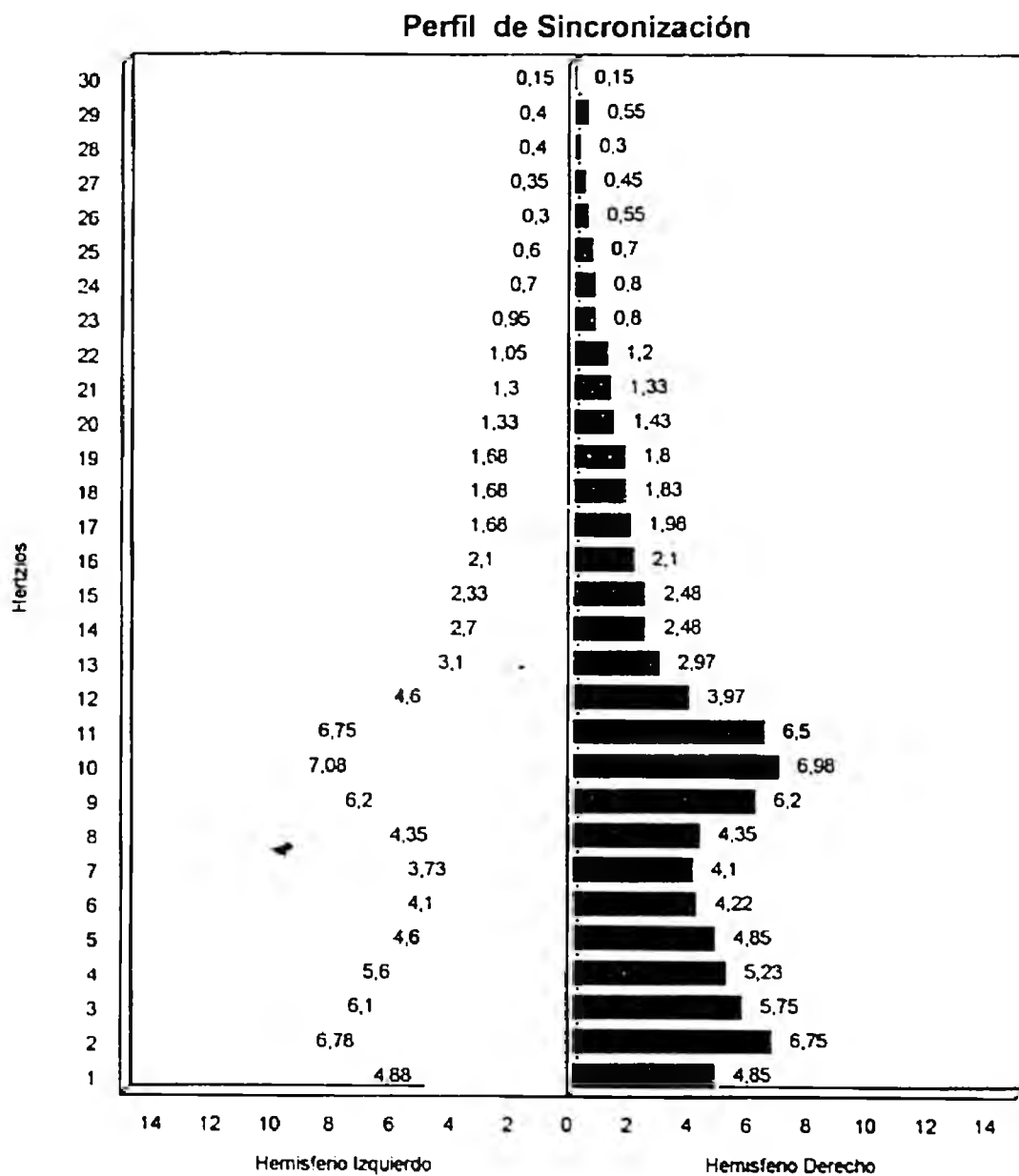
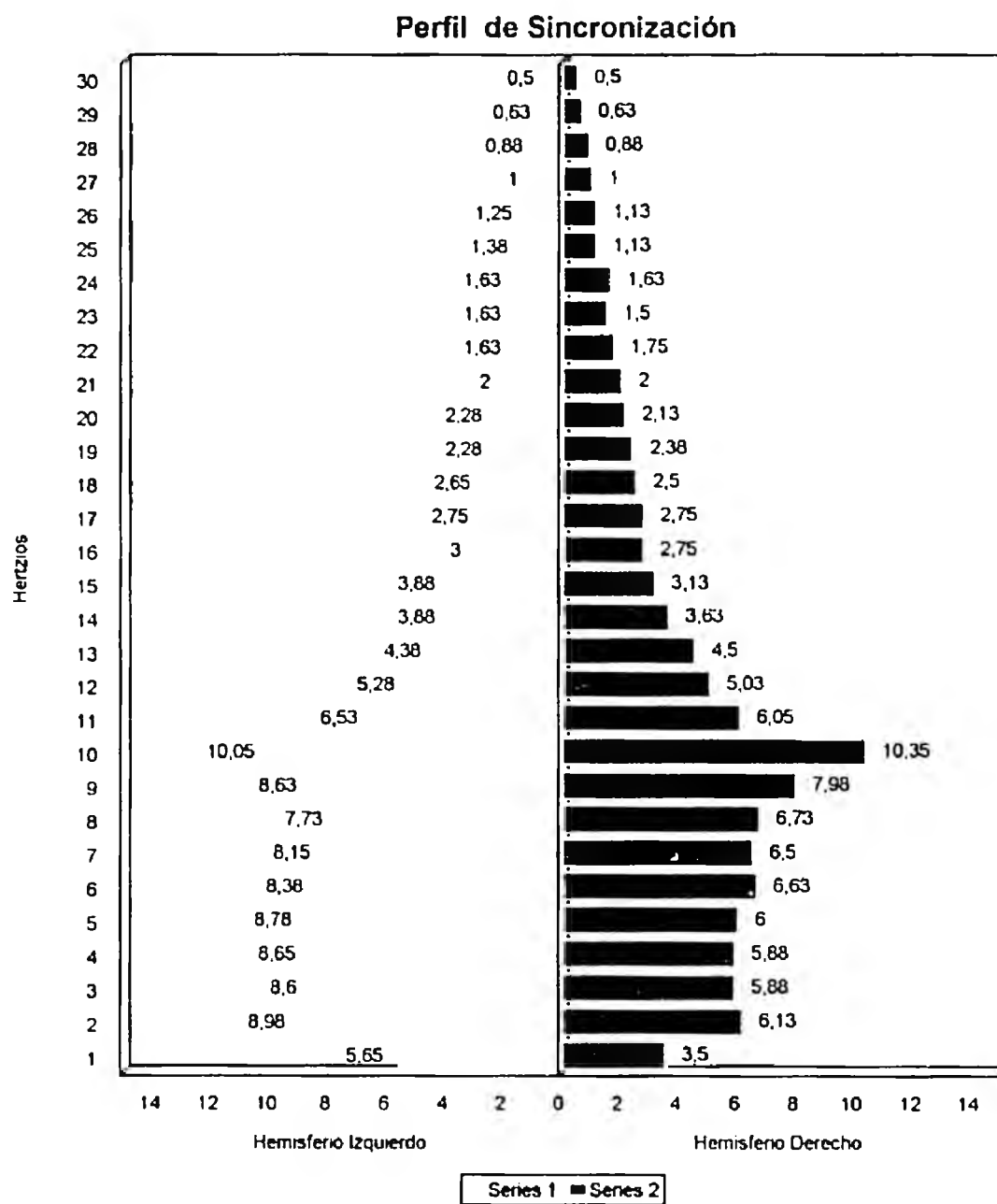


Figura A 10.25.4. Resultados promediados en Microvoltios del Sujeto 5, según Diseño, en ambos Hemisferios, desde 30 a 1 Hz, en Tratamiento 4

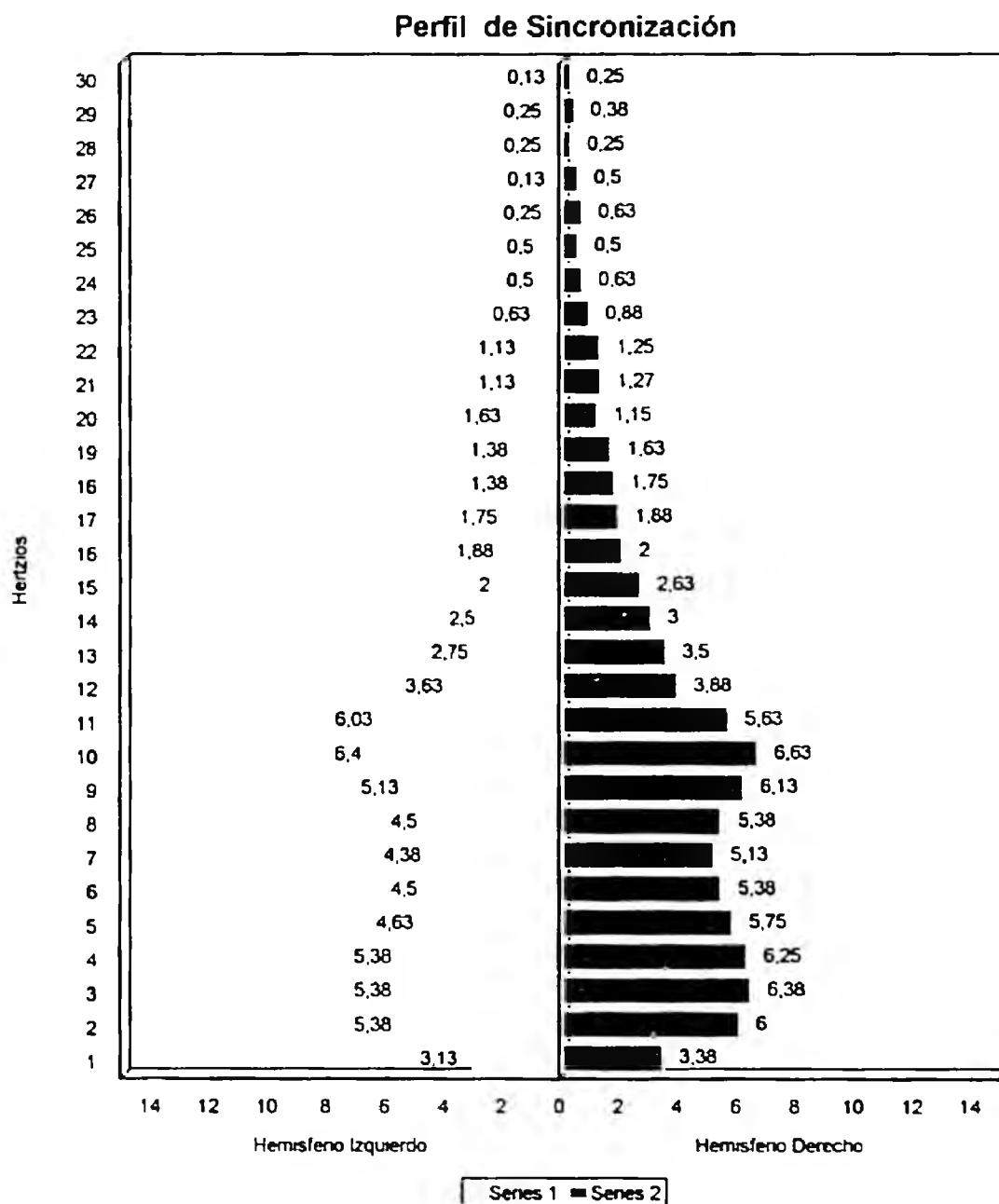
Tiempo 15m. 0s. - 20m. 0s.



($r = .9901$, $p = .000$)

Figura A 10.25.5. Resultados promediados en Microvoltios del Sujeto 5, según Diseño, en ambos Hemisferios, desde 30 a 1 Hz, en Tratamiento 5

Tiempo 15m. 0s. - 20m. 0s.



($r = .99943$, $p = .000$)

Al final de cada figura, se expone el resultado de las correlaciones entre hemisferios. Las figuras se comentan por si mismas. En el apartado '*Discussion*' se explicara cual es la significación dada a esta sincronia y cual es la terminologia mas apropiada y su sentido exacto de acuerdo con el estudio de las funciones cerebrales y de la asimetria simetria.

5.4.4. MANOVA DE MEDIDAS REPETIDAS: 'Tiempos 5m. 0s. a 10m 0s.'

Avanzamos un paso mas en la presentacion descriptiva de los resultados. Los *Tiempos* mas significativos que vamos a describir ahora se sitúan entre los '5m. 0s. a 10m. 0s.'. Los rangos en hertzios van a seguir siendo los mas característicos de una situacion de relajacion.

5.4.4.1. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '12 Hertzios'

Como en tiempos anteriores, el 'Manova' nos ofrece el '*Analysis Exploratorio de los Datos*', que esta recogido en el Cuadro 5.5.17.

Cuadro 5.5.17. 1º Cuadro del Analisis de Varianza

Análisis Exploratorio de los Datos (FDA)						
(Cell means and standard deviations)						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Grn1	1.041	5.510	5	5.840	1.017	Var1
Grn2	.796	5.408	5	5.024	.985	Var2
Grn3	1.105	5.024	5	5.080	1.756	Var3
Grn4	1.247	5.152	5	5.404	.978	Var4
Grn5	1.348	5.048	5	5.072	1.196	Var5

En la frecuencia de 12 Hz, tanto en el hemisferio izquierdo como en el derecho, ninguna de las intensidades, expresadas en microvoltios, supera el comportamiento en el *Grupo Control*. Los demas analisis, no muestran sino lo bajos que son algunos datos medios, caso del Var2, respecto al *Grupo Control*. Tanto, que llegan a ser significativos, Cuadro 5.5.18.

Cuadro 5.5.18. 2º Cuadro del Analisis de Varianza

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	10201	1.86434	10201	46606	21887	.004
	DIF13	49408	1.64817	49408	41204	119911	.005
	DIF14	019808	.48124	019808	12031	158660	.711
	DIF15	00980	.61763	00980	15441	66347	.814
Hemisferio Derecho	D012	1166464	47246	1166464	11512	1409338	.026
	D013	48641	104602	48641	48641	99981	.074
	D014	013760	.98364	013760	24691	15647	.718
	D015	26522	3.18064	26522	76517	33345	.095

5.4.4.2. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '11 Hertzios'

Los datos suministrados por el 'Manova' nos muestran, en ambos hemisferios, intensidades superiores a las registradas en la frecuencia de 12 Hz. Se repite la misma

tendencia reseñada en tiempos anteriores: Las intensidades ascienden hasta un máximo en los 10 Hz y vuelven a bajar en los 9 y 8 Hz. En las medias, resaltan los datos, en el hemisferio izquierdo, para los *Gru2* y *Gru4*. Son ligeramente superiores al *Grupo Control*. Y el *Gru3*, tiene una media más bien alejada, pero a la baja, de los datos del *Grupo Control*. Cuadro 5.5.19. En el hemisferio derecho, dichos datos aparecen más claros

Cuadro 5.5.19. 1^{er} Cuadro del Analisis de Varianza

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	1.228	7.880	5	8.320	1.775	Var1
Gru2	1.122	8.146	5	7.798	1.725	Var2
Gru3	1.840	6.968	5	7.196	2.151	Var3
Gru4	1.219	8.046	5	7.704	1.367	Var4
Gru5	1.344	7.216	5	7.738	1.871	Var5

Pero a pesar de las apariencias, las diferencias en las medias, constatadas en el Cuadro 5.19, no son significativas, como se comprueba en el Cuadro 5.5.20

Cuadro 5.5.20. 2^o Cuadro del Analisis de Varianza

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	1.7689	1.20746	1.7689	.0186	.55599	.487
	DIF13	3.64008	5.06670	3.64008	1.26668	2.87373	.165
	DIF14	.54531	.34691	.54531	.08673	.628759	.066
	DIF15	1.19374	2.50287	1.19374	.62572	1.89182	.241
Hemisferio Derecho	DRI2	.68121	1.98454	.68121	.96614	1.37303	.306
	DRI3	2.48256	3.76882	2.48256	.94221	2.64484	.186
	DRI4	.01700	.402384	.01700	1.00596	.01690	.903
	DRI5	.00109	2.62442	.00109	.65610	.00166	.969

5.4.4.3. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '10 Hertzios'

Se constata, también en este 'tiempo', que la frecuencia de 10 Hz se manifiesta con las mayores intensidades. Las diferencias de las diversas medias, respecto del *Grupo Control*, siguen las mismas tendencias reseñadas en otras frecuencias. Aparentemente llama la atención el resultado del *Gru2*, tanto en el hemisferio izquierdo, como en el derecho. Cuadro 5.5.21.

Cuadro 5.5.21. 1^{er} Cuadro del Analisis de Varianza

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	1.071	8.828	5	8.464	1.286	Var1
Gru2	.962	9.256	5	8.866	1.038	Var2
Gru3	1.292	7.898	5	7.522	.995	Var3
Gru4	1.367	8.776	5	8.152	1.671	Var4
Gru5	1.013	8.270	5	8.440	1.592	Var5

Destacan también, en dicho cuadro, los datos del *Gru3*, que siguen siendo más bajos que todos los demás, tanto en el hemisferio izquierdo como en el derecho

Pero las diferencias constatadas entre las medias del *Gru2* y el *Grupo Control*, no llegan a ser significativas. En cambio, si lo son, pero por muy bajas, las medias del *Gru3*, tanto en el hemisferio izquierdo como en el derecho, *Cuadro 5.5.22*.

Cuadro 5.5.22. '7º Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	45796	2 04624	45796	51156	89522	398
	DIF13	4 36245	1 10121	4 36245	27530	15 84599	016
	DIF14	04988	1 88903	04988	47226	10562	761
	DIF15	70392	1 52534	70392	38134	1 84593	246
Hemisferio Derecho	D12	40401	3 71114	40401	92779	43546	545
	D13	4 35483	65355	4 36245	16339	26 65325	007
	D14	06534	3 75908	06534	93977	06953	805
	D15	14288	1 96669	14288	49167	29061	618

5.4.4.4. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '9 Hertcios'

Las intensidades en esta frecuencia de 9 Hz, expresadas en microvoltios, son inferiores a las encontradas en la frecuencia de 10 Hz. Pero en el *Cuadro 5.5.23*, se descubre, por primera vez en todos los resultados descritos hasta ahora, que excepto el *Gru3*, todas las demás medias, y en ambos hemisferios, superan en intensidad a las del *Grupo Control*.

Cuadro 5.5.23. '1º Cuadro del Analisis de Varianza'

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	1 181	7 376	5	7 222	953	Var1
Gru2	916	7 724	5	7 478	793	Var2
Gru3	718	6 672	5	6 412	857	Var3
Gru4	1 724	8 084	5	7 742	1 403	Var4
Gru5	943	7 632	5	7 360	936	Var5

Si además nos fijamos que algunas desviaciones estándar son muy bajas, podemos descubrir que es en esta frecuencia donde, encontramos, por fin, unas diferencias significativas, y en positivo, entre el *Grupo Synchro-Musica* y el *Grupo Control*, pero sólo en el hemisferio derecho, *Cuadro 5.5.24*.

Cuadro 5.5.24. '7º Cuadro del Analisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	30276	85234	30276	21308	1 42084	299
	DIF13	2 56961	2 53255	2 56961	63314	4 05853	114
	DIF14	2 56267	3 96912	2 56267	99228	2 58261	183
	DIF15	11290	42133	11290	10533	1 07180	359
Hemisferio Derecho	D12	16384	1 30366	16384	32591	50271	517
	D13	2 93281	94355	2 93281	23589	12 43306	024
	D14	1 86208	2 95948	1 86208	73987	2 51677	188
	D15	08585	02521	08585	00630	13.62358	021

5.4.4.5. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '8 Hertzios'

En esta frecuencia vuelven a bajar las intensidades, casi a los niveles de la frecuencia de 12 Hz. Las medias de los Grupos Experimentales siguen la tónica de las frecuencias anteriores. Y ocurre con el *Grupo Synchro Energizer, Gru4*, que provoca intensidades medias más altas que las del *Grupo Control, Cuadro 5.5.25*.

Cuadro 5.5.25. '1º Cuadro del Analisis de Varianza'

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	1.238	6.502	5	6.554	1.490	Var1
Gru2	1.219	6.878	5	6.140	1.176	Var2
Gru3	1.061	6.272	5	5.666	.844	Var3
Gru4	1.620	7.028	5	6.794	1.315	Var4
Gru5	1.576	6.526	5	6.212	1.385	Var5

Pero, a pesar de las diferencias, que aparentemente son abultadas, solamente son significativas dichas diferencias en el hemisferio derecho, y no en el izquierdo, a causa de la desviación estándar, que es muy alta, *Cuadro, 5.5.26*

Cuadro 5.5.26. '7º Cuadro del Analisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F - tests with (1: 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	35344	16366	35344	04091	8.63840	042
	DIF13	58241	71515	58241	17879	3.25756	145
	DIF14	8443	1.61356	8443	40339	2.11812	219
	DIF15	08294	95657	08294	23914	34684	588
Hemisferio Derecho	DI12	42849	33106	42849	08276	5.17719	085
	DI13	1.54587	1.09378	1.54587	27344	5.65331	076
	DI14	1.70354	80699	1.70354	20175	8.44390	044
	DI15	02103	1.03057	02103	25764	08161	789

5.4.4.6. Análisis de 'Perfiles de Sincronización Cerebral' 'Tiempos 5m. 0s. a 10m. 0s.'

Los datos de apoyo a estos apartados se pueden encontrar en las *Tablas 6.21 a 6.25*, del 'Apéndice A', y en la *Figuras Dobles* correspondientes (*Figuras A 6.21-1 a 6.25-5*)

Se vuelve a repetir la historia de tiempos anteriores. Aparentemente se da sincronización, pero ningún grupo experimental marca diferencias significativas, respecto a la sincronización conseguida en las circunstancias del *Grupo Control*

5.4.5. MANOVA DE MEDIDAS REPETIDAS: 'Tiempos 10m. 0s. a 15m. 0s.'

Nos vamos a situar en los resultados registrados en la mitad de la experiencia. Podemos pensar que en los tiempos anteriores, los sujetos se estaban como preparando, o entrando en calor, etc. Pero a estas alturas de la experiencia, tras diez minutos de sesión, hay que pensar, que las 'tendencias', 'objetivos', enunciados en las hipótesis, tendrían que vislumbrarse ya en ciertos resultados que apoyen las líneas hipotetizadas.

Pero siguiendo con la metodología impuesta en esta exposición de los resultados, vamos a seguir procediendo de forma analítica, discurriendo desde 12 a 8 Hz.

5.4.5.1. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '12 Hertzios'

Lo más destacable de los datos, sigue siendo lo ya observado en tiempos anteriores: El *Grupo Colchoneta*, *Gru2*, es quien produce una media más alta que la del *Grupo Control*. Incluso la desviación es bastante más baja, *Cuadro 5.5.27*. Esa ventaja no se produce en el hemisferio derecho, aunque se registra una desviación, también más baja, que en todos los demás grupos, incluido el *Grupo Control*.

Cuadro 5.5.27. '1° Cuadro del Análisis de Varianza'

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	972	5 082	5	5 256	1 094	Var1
Gru2	632	5 152	5	4 850	980	Var2
Gru3	1 284	4 916	5	5 086	1 866	Var3
Gru4	866	4 726	5	4 928	1 164	Var4
Gru5	1 051	4 538	5	4 828	1 356	Var5

Pero a pesar de todo, seguimos sin encontrar diferencias significativas en ningún grupo, respecto al *Grupo Control*.

Cuadro 5.5.28. '7° Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	01225	95640	01225	23910	05123	832
	DIF13	23467	1 33195	23467	33299	40443	.559
	DIF14	39366	70402	39366	17601	2 23663	209
	DIF15	74304	74304	74304	14912	4 98281	089
Hemisferio Derecho	DI12	41209	44326	41209	11081	3 71872	126
	DI13	00363	2 36769	00363	59192	00613	941
	DI14	06936	3 70412	06936	92603	07490	798
	DI15	16322	58887	16322	14722	1 10867	352

5.4.5.2. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '11 Hertzios'

En esta frecuencia, se observa, respecto a la de 12 Hz, la misma tendencia ascendente en la intensidad, registrada en otros tiempos. Las diferencias, al alta, son de más de 2 microamperios, *Cuadro 5.5.29*.

Cuadro 5.5.29. '1° Cuadro del Análisis de Varianza'

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	1 901	7 482	5	7 526	2 019	Var1
Gru2	1 388	7 752	5	7 372	1 677	Var2
Gru3	1 907	6 948	5	7 356	2 165	Var3
Gru4	1 185	6 524	5	6 746	1 251	Var4
Gru5	1 015	6 388	5	6 722	1 327	Var5

Nuevamente es el *Grupo Colchoneta, Gru2*, y sólo en el hemisferio izquierdo, el que es superior al *Grupo Control*. También la desviación es más baja, pero no lo suficiente para marcar diferencias significativas, *Cuadro 5.5.30*.

Cuadro 5.5.30. '7° Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F - tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	18225	5.62330	18225	1.40583	12964	737
	DIF13	1.49187	7.24385	1.49187	1.81096	82380	415
	DIF14	2.83838	1.88628	2.83838	47157	6.01898	070
	DIF15	2.48693	2.07239	2.48693	51810	4.80013	094
Hemisferio Derecho	D12	05929	2.55056	05929	63764	09298	776
	D13	02883	5.69665	02883	1.42416	02024	894
	D14	1.69344	5.56668	1.69344	1.39167	1.21684	332
	D15	1.11514	4.07109	1.11514	1.01777	1.09266	354

5.4.5.3. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '10 Hertzios'

Se vuelve a producir el mismo tipo de registros: En esta frecuencia se registran las máximas intensidades respecto a las demás frecuencias, *Cuadro 5.5.31*.

Cuadro 5.5.31. '1° Cuadro del Análisis de Varianza'

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	2.131	8.442	5	8.056	1.991	Var1
Gru2	1.064	8.856	5	8.510	1.028	Var2
Gru3	1.263	7.848	5	7.662	1.116	Var3
Gru4	1.863	7.512	5	7.568	1.880	Var4
Gru5	765	7.764	5	7.568	1.537	Var5

Como se vuelve reiteradamente a observar, es el *Grupo Colchoneta*, el que produce, tanto en el hemisferio izquierdo, *Gru2*, como en el derecho, *Var2*, medias superiores al *Grupo Control*. Pero las desviaciones son aún muy altas para que esas diferencias en intensidad sean significativas, *Cuadro 5.5.32*.

Cuadro 5.5.32. '7° Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F - tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	42849	6.30186	42849	42849	27198	630
	DIF13	2.13867	5.65985	2.13867	2.13867	1.51147	286
	DIF14	2.83837	4.24458	2.83837	2.83837	2.67482	177
	DIF15	64160	1.29841	64160	64160	1.97657	232
Hemisferio Derecho	D12	51529	4.46746	51529	51529	46137	534
	D13	1.28547	4.04431	1.28547	1.28547	1.27139	323
	D14	96774	4.54283	96774	96774	85210	408
	D15	58064	2.88362	58064	58064	80544	420

5.4.5.4. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '9 Hertzios'

Las intensidades son todas ellas inferiores a las registradas en la frecuencia 10 Hz, *Cuadro 5.5.33.*

Cuadro 5.5.33. '1º Cuadro del Análisis de Varianza'

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	1.701	7.146	5	6.990	1.120	Var1
Gru2	.702	7.436	5	6.938	.304	Var2
Gru3	.695	6.668	5	6.272	.637	Var3
Gru4	1.786	7.038	5	7.138	1.426	Var4
Gru5	1.200	7.502	5	7.180	.854	Var5

En esta frecuencia, y en el hemisferio izquierdo, ya no es solamente el *Grupo Colchoneta*, *Gru2*, sino también el *Grupo Synchro-Música*, *Gru5*, el que registra medias superiores al *Grupo Control*. Ambos grupos experimentales tienen desviaciones bastante bajas, pero más pronunciadas en el *Grupo Colchoneta*.

Pero a pesar de esas diferencias, ninguno de los dos grupos experimentales consigue que esas diferencias sean significativas respecto al *Grupo Control*, como puede apreciarse en *Cuadro 5.5.34*

Cuadro 5.5.34. '2º Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	.21025	2.35090	.21025	.58773	.35774	.582
	DIF13	1.29376	5.72375	1.29376	1.43094	.90414	.396
	DIF14	.00771	5.04993	.00771	1.26248	.00610	.941
	DIF15	.73960	.40862	.73960	1.0216	.7.23998	.055
Hemisferio Derecho	DH12	.00676	1.75664	.00676	.43916	.01539	.907
	DH13	1.59621	2.98192	1.59621	.74548	2.14119	.217
	DH14	.61408	4.92491	.61408	1.23123	.49876	.519
	DH15	.47748	1.37971	.47748	.34493	1.38429	.305

5.4.5.5. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '8 Hertzios'

Las intensidades registradas se sitúan casi al nivel de las registradas en la frecuencia 12 Hz, *Cuadro 5.5.35.*

Cuadro 5.5.35. '1º Cuadro del Análisis de Varianza'

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	1.204	6.412	5	6.250	.725	Var1
Gru2	.830	6.506	5	5.930	.825	Var2
Gru3	1.082	5.866	5	5.580	.849	Var3
Gru4	1.489	6.540	5	6.606	1.497	Var4
Gru5	1.298	6.268	5	6.098	.740	Var5

En esta frecuencia se observa que son los grupos *Colchoneta*, *Gru2*, y *Synchro Solo*, *Gru4*, éste en ambos hemisferios, *Var4*, los que producen intensidades superiores al *Grupo Control*. Pero, observadas las desviaciones siguen sin ser significativas tales diferencias. *Cuadro 5.5.36*.

Cuadro 5.5.36. '7° Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT = GRU							
Univariate E- tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	02209	48226	02209	12056	18322	691
	DIF13	1 17216	1 69276	1 17216	42319	2 76984	171
	DIF14	29121	1 97478	29121	49369	58985	485
	DIF15	01588	59555	01588	14889	10663	760
Hemisferio Derecho	DI12	25600	41540	25600	10385	2 46509	191
	DI13	86700	90007	86700	22502	3 85305	121
	DI14	1 76474	2 58267	1 76474	64567	2 73319	174
	DI15	00017	58452	00017	14613	00116	975

5.4.5.6. 'Perfiles de Sincronización Cerebral': Tiempos 10m 0s. a 15m. 0s

Es en las *Tablas 8.21 a 8.25*, y en las correspondientes *Figuras Dobles*, del '*Apéndice A*', (*Figuras A 8.21-1 a 8.25-5*), donde podemos encontrar los datos que informan sobre estos perfiles. Se vuelve a encontrar sincronización, pero ningún grupo experimental lo hace de forma significativa frente al *Grupo Control*.

5.4.6. MANOVA DE MEDIDAS REPETIDAS: Tiempos 15m. 0s. a 20m. 0s

Es el último periodo registrado. La experiencia se da por concluida y los registros se cierran. Es la última oportunidad de observar datos en las líneas hipotetizadas, sobre todo en la 3ª hipótesis: '*Los aparatos relajan y su relajación perdura*'.

5.4.6.1. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '12 Hertzios'

Se observa que las intensidades medias en todos los grupos se sitúan en niveles equivalentes a otros tiempos, y en esta misma frecuencia, *Cuadro 5.5.37*.

Cuadro 5.5.37. '1° Cuadro del Análisis de Varianza'

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	648	5 342	5	5 456	816	Var1
Gru2	677	5 182	5	4 854	992	Var2
Gru3	1 445	4 626	5	4 930	1 844	Var3
Gru4	998	4 584	5	4 758	1 031	Var4
Gru5	1 040	4 600	5	4 760	1 251	Var5

En estos registros, lo único destacable es que todos los grupos experimentales presentan registros inferiores a los del *Grupo Control*, tanto en el hemisferio izquierdo como

en el derecho. Además, la desviación, en el *Grupo Control*, es a su vez, la más baja. No cabe ni pensar en diferencias significativas, *Cuadro 5.5.38*.

Cuadro 5.5.38. '7º Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	06400	97880	06400	24470	26154	636
	DIF13	134832	412055	134832	103014	130887	316
	DIF14	81433	436657	81433	109164	74597	436
	DIF15	444889	149198	444889	37299	119275	336
Hemisferio Derecho	D12	90601	28094	90601	07023	1289969	023
	D13	16875	404543	16875	101136	16685	704
	D14	38881	764278	38881	191069	20349	675
	D15	22944	167435	22944	41859	54813	500

5.4.6.2. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '11 Hertzios'

Las intensidades son superiores a las registradas en la frecuencia de 12 Hz. *Cuadro 5.5.39*.

Cuadro 5.5.39. '1º Cuadro del Análisis de Varianza'

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	1.921	7.442	5	7.442	2.213	Var1
Gru2	1.452	7.496	5	7.186	1.907	Var2
Gru3	1.794	6.400	5	6.594	2.313	Var3
Gru4	1.050	6.032	5	5.998	1.325	Var4
Gru5	1.232	6.064	5	6.018	1.510	Var5

Pero sólo el *Grupo Colchoneta*, y en su hemisferio izquierdo, *Gru2*, presenta un registro ligeramente superior al del *Grupo Control*. Todas las demás intensidades, son sensiblemente inferiores, con lo cual no hay lugar a diferencias significativas, *Cuadro 5.5.40*.

Cuadro 5.5.40. '7º Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	00729	206416	00729	51604	01413	911
	DIF13	380920	682221	380920	170555	223341	209
	DIF14	437940	1006261	437940	251565	174086	257
	DIF15	242425	427632	242425	106908	226761	207
Hemisferio Derecho	D12	16384	102326	16384	25581	64046	468
	D13	172800	626623	172800	156656	110305	353
	D14	434166	1753836	434166	438459	99021	376
	D15	247748	909913	247748	227478	108910	356

5.4.6.3. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '10 Hertzios'

En esta frecuencia se producen las intensidades más fuertes, *Cuadro 5.5.41*.

Cuadro 5.5.41. '1° Cuadro del Análisis de Varianza'

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	1.588	8.434	5	8.110	1.827	Var1
Gru2	2.125	8.698	5	8.270	2.072	Var2
Gru3	1.556	7.654	5	7.562	1.654	Var3
Gru4	1.612	7.318	5	7.562	1.694	Var4
Gru5	1.307	7.786	5	7.670	1.707	Var5

Vuelve a ser el *Grupo Colchoneta*, el que supera en intensidad, en el hemisferio izquierdo y en el derecho, *Gru2* y *Var2* al *Grupo Control*. Pero esas diferencias no son lo suficientemente grandes, ni sus desviaciones lo suficientemente pequeñas, y aquí ocurre que son las mayores, para pensar en diferencias significativas, Cuadro 5.5.42.

Cuadro 5.5.42. '7° Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	17424	1.53496	17424	38374	45406	537
	DIF13	2.77248	7.95299	2.77248	1.98825	1.39443	303
	DIF14	3.34176	27.59062	3.34176	6.89766	48448	525
	DIF15	23040	2.75071	23040	68768	33504	594
Hemisferio Derecho	DI12	06400	2.62990	06400	65747	09734	771
	DI13	1.31461	5.80215	1.31461	1.45054	90629	395
	DI14	65731	29.89658	65731	7.47414	08794	782
	DI15	16974	6.01219	16974	1.50305	11293	754

5.4.6.4. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '9 Hertzios'

Vuelven a descender las intensidades respecto a las de la frecuencia de 10 Hz, Cuadro 5.5.43.

Cuadro 5.5.43. '1° Cuadro del Análisis de Varianza'

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	1.423	7.360	5	7.100	.949	Var1
Gru2	1.652	7.614	5	7.118	1.360	Var2
Gru3	.708	6.426	5	6.204	.735	Var3
Gru4	1.584	6.748	5	6.732	1.213	Var4
Gru5	1.672	7.688	5	7.212	1.502	Var5

Una vez más es el *Grupo Colchoneta*, *Gru2* y *Var2*, el que registra intensidades medias superiores a las del *Grupo Control*, pero con desviaciones superiores. También el *Grupo Synchro-Música*, *Gru5* y *Var5*, tiene un comportamiento parecido al *Grupo Colchoneta*, incluso en las desviaciones, lo que impide que ambos grupos marquen diferencias significativas, Cuadro 5.5.44.

Cuadro 5.5.44. '7º Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	.16129	.88696	.16129	.22174	.72738	.442
	DIF13	3.75240	5.21668	3.75240	1.30417	2.87723	.165
	DIF14	.55681	18.99271	.55681	.474818	11727	.749
	DIF15	1.69520	3.76767	1.69520	.94192	1.79974	.251
Hemisferio Derecho	D12	.00081	2.15664	.00081	.53916	.00150	.971
	D13	2.73008	3.51773	2.73008	.87943	3.10437	.153
	D14	.02128	10.45818	.02128	2.62129	.00812	.933
	D15	.71741	4.32487	.71741	1.08122	.66352	.461

5.4.6.5. Resultados del 'Manova' en la frecuencia de '8 Hertzios'

Las intensidades han descendido a un nivel intermedio al del nivel entre las frecuencias de 12 y 11 Hz, Cuadro 5.5.45

Cuadro 5.5.45. '1º Cuadro del Análisis de Varianza'

Análisis Exploratorio de los Datos (EDA)						
Cell means and standard deviations						
Hemisferio Izquierdo				Hemisferio Derecho		
Variables	Std. Dev.	Means	N	Means	Std. Dev.	Variables
Gru1	.960	6.524	5	6.726	.962	Var1
Gru2	1.490	6.728	5	6.148	1.279	Var2
Gru3	1.143	5.844	5	5.558	.946	Var3
Gru4	1.391	6.218	5	6.132	1.212	Var4
Gru5	1.388	6.480	5	6.192	1.110	Var5

Por destacar algo, reseñar la media del Grupo Colchoneta, Gru2, en el hemisferio izquierdo. Es ligeramente superior a la del Grupo Control. Pero dada su desviación, muy distanciada de la del Grupo Control, no cabe pensar en la más mínima diferencia significativa, Cuadro 5.5.46. Si destacan las diferencias significativas al 5%, a la baja, del Grupo Jacobson, Gru3 y Var3.

Cuadro 5.5.46. '7º Cuadro del Análisis de Varianza'

EFFECT... GRU							
Univariate F-tests with (1; 4) D.F.							
	Variable	Hypoth. SS	Exact F	Hypo. MS	Error MS	F	Sig. F
Hemisferio Izquierdo	DIF12	.10404	1.01246	.10404	.25312	.41104	.556
	DIF13	2.03841	.81442	2.03841	.20361	10.01161	.034
	DIF14	.08140	12.54469	.08140	.313617	.02596	.880
	DIF15	.09181	1.15493	.09181	.28873	.31797	.603
Hemisferio Derecho	D12	.83521	.27794	.83521	.06949	12.02000	.026
	D13	2.57547	.96245	2.57547	.24061	10.70385	.031
	D14	.00054	5.26144	.00054	1.31536	.00041	.985
	D15	.01040	1.26791	.01040	.31698	.03282	.865

5.4.6.6. 'Perfiles de Sincronización Cerebral': Tiempos 15m 0s. a 20m. 0s.

Nuevamente hay que acudir al 'Apéndice A', en sus Tablas 10.21 a 10.25, y en sus correspondientes Figuras Dobles, (Figuras A 10.21-1 a 10.25-5), para descubrir los perfiles

de sincronización. La descripción que suscitan tales datos, no varía respecto a la hecha, en el correspondiente apartado de los *Tiempos* anteriores. Ningún grupo experimental muestra una sincronización que no se produzca en el *Grupo Control*.

5.5. 'CUESTIONARIO ABIERTO'

Este sencillo y fácil cuestionario, *Cuadro 5.6.1*, no pretendía sino recoger posibles descripciones espontáneas de ciertas sensaciones subjetivas tras las experiencias de haber pasado por los tratamientos *Synchro Solo*, *a₄*, y *Synchro-Música*, *a₅*. El motivo de fijarnos en estos tratamientos y no en los demás, fue que nos intrigó la imaginaria visual y los fenómenos, no raros, pero sí llamativos, descritos, comentados y ensalzados, en la poca literatura que sobre estos aparatos, y muy especialmente en una cierta propaganda, se 'venden' como características muy frecuentemente mencionadas por los usuarios. Interesaba comprobar si nuestros sujetos revivían también tal imaginaria.

El cuestionario, con las instrucciones pertinentes, aparece, a continuación, completo, dado que es muy breve. En el 'Apéndice B', se puede encontrar completo y en plan operativo para ser presentado a los sujetos que se deseen entrevistar con alguna otra finalidad distinta a la pretendida en este experimento.

CUESTIONARIO ABIERTO

Este Cuestionario intenta conocer el tipo de sensaciones que has tenido después de haber experimentado este conjunto de sesiones con el *Synchro-Energizer (S/E)*.

Consta de una serie de preguntas cerradas y de un espacio para reflejar las impresiones que has obtenido y que no vengan contenidas en las cuestiones que te presentamos a continuación.

Cuadro 5.6.1. Cuestionario Abierto

	Contesta, calificándolas de 1 a 10, a las siguientes preguntas	Respuestas
1	¿Consideras que el S/E es calmante?	
2	¿Consideras que el S/E es refrescante?	
3	¿Crees que el S/E alivia la presión del tiempo?	
4	¿Crees que el S/E es centrante?	
5	¿Es el S/E energizante?	
6	¿Es tu pensamiento ahora más claro?	
7	¿Te ha hecho el S/E más feliz?	
8	¿Sientes ahora que el trabajo/estudio es menos difícil?	
9	¿Sientes que tienes más paciencia con la gente, compañeros?	
10	¿Crees que cosas que antes te afectaban normalmente, ahora no?	
11	¿Te sientes más organizado en el trabajo/estudios?	
12	¿Consideras que tienes una capacidad incrementada para el trabajo/estudios después de las sesiones?	
13	¿Te resulta más fácil relacionarte con la gente, compañeros?	
14	¿Te ayuda a descubrir cuáles son tus verdaderos problemas?	
15	¿Clarifica tu mente cuando tienes que tomar decisiones?	
16	¿Qué duración crees que tienen los efectos del S/E? Cuantifícalo lo más posible	

OBSERVACIONES: (Escribe las impresiones que hayas tenido, y que no vengan recogidas en las 16 cuestiones anteriores, como, por ejemplo, sobre lesiones, enfermedades, placer, conducción, aprendizaje, concentración, sueño, optimismo ante el futuro, dejar de fumar...):

Las preguntas apuntan a ciertos beneficios, que teóricamente, son fruto de un auténtico y verdadero estado de relajación.

La presentación, contiene dos partes, que responden a las dos partes del cuestionario: Una, hace referencia a las 16 preguntas; la otra, recoge las observaciones espontáneas que ha tenido a bien expresar cada sujeto.

En el *Cuadro 5.6.2*, se encuentran, codificadas y cuantificadas en intensidad del '1 a 10', las 15 respuestas. La última, se expresa en tiempo de duración de los efectos.

Al lado de la columna sujeto, *Suj*, se encuentra el sexo, *sex*, del sujeto. Destacan en respuestas realmente intensas los números 5, 6, 14, 15, 19, y no tanto el 11, que deja en blanco varias respuestas. Coincide que son todos chicos. Y son, además, quienes más tiempo declaran les perduran los efectos. Entre las chicas, solamente destacan por la intensidad de las respuestas, los números 7, 16, y 18, aunque esta última deja en blanco algunas respuestas y le duran poco los efectos. Estos sujetos reseñados son los que cuantifican la duración de los efectos, expresados en minutos y horas. En los demás sujetos predomina la tendencia a puntuar '1' o muy bajo.

Cuadro 5.6.2. Codificación de Respuestas al Cuestionario Abierto

Suj	Sex	Respuestas Codificadas															Efecto
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	2	5	3	6	6	3	4	-	3	-	-	1	4	-	-	-	-
2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
3	2	4	1	6	5	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15 m
4	2	4	1	4	2	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1 h
5	1	9	6	10	8	4	8	1	9	8	10	7	9	5	2	8	2 h
6	1	8	5	9	8	8	7	6	8	6	6	4	7	6	4	6	24 h
7	2	7	6	4	5	2	6	4	5	5	-	4	6	5	4	3	2-3 h
8	2	3	3	-	-	-	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	½ h
9	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
10	2	6	7	-	-	8	-	-	6	-	-	-	5	-	-	-	-
11	1	8	9	-	9	-	8	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-
12	2	1	1	1	3	2	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	½ h
13	2	1	1	5	1	4	4	3	5	5	6	3	4	3	1	1	3 h
14	1	3	1	5	6	1	4	1	1	1	5	1	1	4	1	5	3 h
15	1	7	5	7	7	8	5	4	7	7	2	2	5	5	3	3	-
16	2	4	5	7	4	6	1	1	4	6	4	6	5	4	1	6	-
17	2	3	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	½ h
18	2	9	9	10	8	1	9	5	7	-	-	-	-	-	-	-	1½ h
19	1	6	6	7	1	5	4	8	6	7	4	1	4	7	4	6	2-3 h
20	2	6	6	7	4	6	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-

En el *Cuadro 5.6.3*, se recogen, resumidas, las observaciones manifestadas por los sujetos. Se presentan por sí mismas. Basta leerlas. Tres sujetos, los números 12, 18 y 20 no añaden nada. Examinando las respuestas del cuadro anterior se explica esta falta de observaciones. También en este cuadro, al número de cada sujeto le acompaña otra columna con el sexo. Se notan algunas aparentes discrepancias, con las respuestas anteriores en algunos sujetos como en el número 3, que dice haberse relajado mucho y luego responde con once unos. Algo parecido con el número 13. Por lo demás hay coincidencia con las respuestas anteriores.

Cuadro 5.6.3. Resumen de las Observaciones de los veinte sujetos

Suj	Sex	Resúmenes
1	2	Toma de conciencia de una situación concreta (ver con distancia)
2	2	No he sentido cambio, sólo relajación durante la sesión (*)
3	2	Me ha relajado mucho
4	2	No es relajante (todo lo contrario): con música, muy relajante (*), y con un uso continuado, podría tener efectos positivos en la persona
5	1	Más fácil asimilar lo que ocurre a mi alrededor y he descubierto nuevas formas de comunicación sin la prisa del tiempo
6	1	Alivio en la mente (despejada). Sensación de descanso. Tarea a hacer, digamos, con más energía y durante más tiempo.
7	2	He dormido mejor. Mejor concentración en el estudio (*)
8	2	A veces los colores presionan bastante; otras, como si te mecieran
9	2	Desagradable; a veces, claustrofobia
10	2	Más tranquila, pero no sabe si es debido al S/E
11	1	Durante la sesión, en algún momento perdía la noción del tiempo y de la situación
12	2	
13	2	No podía centrarme claramente en la relajación. Ojos molestos, como cuando te da el sol. Imágenes entretenidas
14	1	Puedo centrarme mejor en el estudio
15	1	Optimismo y relajación
16	2	Mayor concentración en el estudio (no sabe si es debido al S/E). Después de las sesiones (*) más relajada (no sabe cuánto tiempo)
17	2	Las luces: placer, los pitidos: molestia
18	2	
19	1	Mejor concentración; ideas más claras; más difícil irritarme; buen humor, sin grandes preocupaciones; optimismo
20	2	
* Nota: Algunas personas lo equivocan con todos los tratamientos		

Termina así la 'Presentación de los Resultados', y esta presentación da a paso a la 'Discusión'.

IV. DISCUSIÓN

6. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES

6.1. Generalidades

En todo el mundo, a juzgar por el número declarado de *'Mind's Machines'* vendidas, millones de individuos están usando estos instrumentos estimuladores del cerebro, intentando reducir el estrés y/o expandir sus propios poderes mentales. Intentan, y algunos creen poder ejercitar sus sentidos y hacerse más listos, más creativos, más relajados, más felices (Hutchison, 1994, p. 6).

Vamos a realizar un análisis evaluativo de los resultados ya expuestos en el apartado anterior. Vamos a tratar de descubrir si se ha producido algún hallazgo, y desde qué perspectiva se pueden contemplar, qué explicaciones se pueden dar a los fracasos, a la luz de la hipótesis formuladas; también vamos a recordar las limitaciones que hemos encontrado en el desarrollo de la experiencia, y que quedan ya enumeradas, y las no explicadas aún y, además, lanzar, para quien quiera recoger el reto, algunas sugerencias útiles para futuras investigaciones.

Se decía en la introducción, y desde esos presupuestos se partía, y se recogía en la formulación de las hipótesis, que dichas máquinas poseen capacidad para relajar, y como consecuencia de ese estado de relajación, se les atribuía la potencialidad para mejorar el funcionamiento mental, duplicar el poder cerebral, y producir estados cerebrales de funcionamiento a plena potencia.

6.2. ¿Éxito o Fracaso?

A la luz de los objetivos propuestos y de las hipótesis formuladas y que han dirigido en todo momento el experimento, uno llega a preguntarse si la experiencia ha resultado un éxito o un fracaso. No es fácil responder, pues en la experiencia ha habido de todo: Éxitos y Fracasos. Depende como se quieran contemplar los resultados. Se buscaba inducir alivio al estrés y verificar si ese alivio se producía como fruto de los tratamientos propuestos y experimentados.

En cuanto a la inducción del alivio del estrés no todos los tratamientos han sido igualmente efectivos y su verificación, a través de ciertos correlatos, ha arrojado resultados, que no son ni contradictorios ni excluyentes, pero que tampoco son coincidentes. Los correlatos *Tasa Cardíaca* se han reducido significativamente como efecto de los *Grupos Jacobson y Colchoneta*. En el *STAI-E*, esos mismos grupos, también han producido en las percepciones subjetivas cambios altamente significativos. Respecto a la *Presión Sanguínea*, tal vez no sean estos sistemas los más apropiados para reducirla. Tampoco es un correlato fácil de modificar en cortos espacios de tiempo, como el empleado, 20 minutos. En cuanto al *EEG*, se han atisbado ciertas tendencias que coinciden con los resultados en *Tasa Cardíaca* y en el *STAI-E*. Se puede adelantar que, en el *EEG*, y hablando en general, ningún grupo experimental ha marcado diferencias significativas, frente al *Grupo Control*, salvo en algún Hertzio muy aislado, en ninguno de los hertzios que van de 12 a 8 Hz. Pero esto necesita unos análisis más detallados.

En cuanto a los análisis cualitativos de las sensaciones experimentadas tras los tratamientos con el *Synchro*, grupos 4 y 5, van a recibir un cuidado y corto estudio.

6.3. ¿Se cumplieron los objetivos?

En parte si, y en parte, no. Nos propusimos *poner a prueba y contextualizar* una serie de 'aparatos', que prometen reducir el estrés, aumentar sus propios poderes mentales. A pesar de las dificultades, la experiencia se inició, tuvo un desarrollo, más que aceptable, y se concluyó felizmente. Son 100 horas de laboratorio, con todo lo que eso conlleva, observando, y controlando instrumentos, sujetos, circunstancias.

La *codificación de los datos*, ha sido una tarea, ingente, tremendamente difícil y complicada, que ha exigido grandes dosis de paciencia y cientos y cientos de horas de trabajo callado y de solitaria dedicación.

Algunos *análisis* han sido igualmente complicados como puede comprobarse en la presentación de los resultados. De todo esto queda constancia puntual en los '*Apéndices A y B*'

Estos objetivos iniciales y básicos se han cumplido, dejando un poso de satisfacción, al poner el broche final a un trabajo felizmente concluido. En ese sentido, creo que no se puede hablar de fracaso. Todo lo más, se podrá hablar de lo que en la jerga experimental, se llama '*Fracaso Productivo*'.

¿Y de éxito? ¿Qué pasa con las numerosas y serias dudas teóricas y prácticas que provocan en los profesionales el uso de las '*Mind's Machines*'? Se pretendía validarlas como instrumentos eficaces para conseguir esos fines propuestos. En este sentido también se puede hablar de éxitos. Claro que no en la dirección esperada en la formulación de las hipótesis. Los aparatos Megabrain, cuando cayeron en nuestras manos, nos fascinaron. Los probamos una y otra vez, con un programa y con otro. Conforme aumentaba el uso personal, más entusiasmados nos sentíamos. De partida, se puede afirmar, que la *demonstración* de la efectividad prometida había funcionado. El paso siguiente fue dejar de lado prejuicios, elaborar friamente, y con estrictos criterios experimentales, el correspondiente proyecto y desarrollarlo en toda su extensión. Para quienes lo hemos llevado a cabo ha supuesto una enorme satisfacción, y también otro pequeño éxito.

6.4. Las Hipótesis

Las hipótesis formuladas *expresamente* tal vez resulten muy simples y pocas. Pero se puede entender que *implicitamente*, se pueden formular algunas otras más, casi una por capítulo de la introducción. Pero las enunciadas se han considerado suficientes, por una sencilla razón. Quiérase o no, el tema mejora de la inteligencia, por ejemplo, funcionará, si uno se relaja y es capaz de mantener esa relajación a niveles profundos. Ese estado facilita la concentración y la atención, bases de todo aprendizaje significativo. Sobre esa base podrá '*montarse*' otro tipo de finalidades y estrategias. Es por esta razón, y por alguna otra, por lo que las hipótesis se han centrado exclusivamente en el tema relajación.

'Los aparatos Megabrain, los instrumentos de luces y sonidos, y, muy en concreto, el Synchro Energizer, con su programa número 7, relajan, lo hacen rápidamente, su relajación perdura, y los sujetos tienen la percepción subjetiva de que se encuentran relajados y en calma, y alcanzan una mayor potencia cerebral como fruto de la sincronización cerebral.'

Las primeras tablas elaboradas ya supusieron un jarro de agua fría. Los inicios no iban en la dirección esperada y si apuntaban hacia otro tipo de éxitos, alguno de ellos, velada y subliminalmente, supuestos. Pero vamos a proceder con el mismo orden seguido en la presentación de los Resultados.

6.4.1. *Primera impresiones:*

Algunos de los correlatos fisiológicos del '*estado de relajación*' son la reducción y estabilización de la frecuencia cardíaca, y la presión sanguínea, y su reflejo típico en la forma característica del *EEG*. Los correspondientes correlatos psicológicos son la percepción subjetiva que tiene el sujeto de ese mismo estado, *STAI-E*, y la sensación de bienestar. El registro, la codificación y, sobre todo, los análisis del comportamiento de estos correlatos psicofisiológicos han puesto de manifiesto unos ciertos hallazgos dignos de reseñarse

6.4.2. *Correlatos fisiológicos: 'Tasa Cardíaca' y 'Presión Sanguínea'*

A. '*Tasa Cardíaca*'

Grupo Control

Las claves de los resultados las empezamos a vislumbrar en las primeras comparaciones entre los datos obtenidos en situación de *Grupo Control*, y los registrados en las otras cuatro situaciones experimentales. Sin distinción de sexo se puede decir que a 13 de los 20 sujetos, el simple hecho de tumbarse cómodamente en una colchoneta, sin ruido ambiente, con una buena temperatura, concentrándose solamente en la experiencia, dejando de lado preocupaciones y demás distracciones, y regulando la respiración produce efectos sorprendentes, a algunos mejor que a otros. Sólo a 7 parece alterarles la situación de laboratorio. Ya en los datos reducidos, 3 de los 5 sujetos arrojan disminuciones notables, sin que lleguen a ser significativas. Confirmar este hecho, archisupuesto y archisabido, es ya un nimio hallazgo de enorme y sencilla transcendencia. La recreación de estas simples situaciones está al alcance de cualquiera y con un poco de entrenamiento pueden resultar muy saludables a un porcentaje alto de personas, cuando se encuentran alteradas

Grupo Jacobson

El comprobar la efectividad de la relajación, *tipo Jacobson* ha supuesto el primer hallazgo, en realidad no muy sorprendente, pero sí muy reconfortante. Como parte del tratamiento, los sujetos realizaban los ejercicios de *tensión-distensión* de los principales músculos, empleados en esta técnica, como puede comprobarse en el '*Apéndice C*'

Este tratamiento ha sido capaz de producir cambios significativos en *Frecuencia Cardíaca*, en 18 de los 20 sujetos. Los dos restantes permanecen sin cambio. La correlación es positiva y no muy alta, *.806*, lo cual indica que las diferencias, entre un *antes* y un *después*, son pronunciadas, ($t(4) = 5.91, p = .002$), *Cuadro 2.3*. Estos tipos de técnicas son básicos para todo psicólogo clínico. Por eso resulta reconfortante comprobar su eficacia, frente a otras técnicas que se presentan con grandes nombres, y afanes arrolladores y exclusivistas, y en realidad no prueban nada. Muchos psicólogos emplean como técnica base de relajación, la de Jacobson. Estos resultados reafirman la validez de nuestras técnicas base para muchas de las terapias que venimos empleando en terapia y modificación de conducta.

Grupo Colchoneta

En realidad apenas sabíamos nada concreto sobre las posibilidades terapéuticas de la colchoneta. Queda explicado que consideramos necesario, para la creación de un ambiente

cómodo y favorecedor de la relajación, mantener a los sujetos, durante los 20 minutos de cada experiencia, tumbados sobre el suelo. Convenía que se realizara en óptimas condiciones de comodidad y blandura, y nada mejor que una colchoneta, amplia y confortable, de goma espuma, forrada de tela atrayente y cálida. Y sirvió de tumbona en los cinco tratamientos. Algunos aparatos megabrain, como el puesto a prueba en este experimento, aparte de luces y sonidos, emplean en el arco de los auriculares una especie de antena difusora de ciertos impulsos electromagnéticos. Estos fueron los motivos para elegir esta colchoneta, que además de colchoneta, sirviera para comprobar si ese tipo de impulsos provocaban, *por sí mismos*, algo que pudiera entenderse como la proclamada '*Respuesta de Seguimiento de Frecuencias*'. La activación electromagnética de la colchoneta, constituyó en sí uno de los tratamientos experimentales, el *Grupo Colchoneta, a₂*. Tras los resultados, se puede decir que su eficacia para reducir la *Tasa Cardíaca* se puede calificar de espectacular, por lo inesperada. Reduce la *Tasa Cardíaca* en 17 de los 20 sujetos. Es cierto que las reducciones no son muy marcadas, ya que la correlación, aunque positiva, es muy alta, .942. Los 5 sujetos del diseño muestran una reducción y estabilización altamente significativa en este correlato ($t(4) = 5.44, p = .003$), *Cuadro 2.2*. Por todo esto se puede decir que si la efectividad de la relajación, tipo Jacobson, es un reconfortante y muy significativo éxito, el hallazgo más espectacular, por inesperado, es el provocado por el uso de la *Colchoneta* activada ('*Apéndice E*').

La forma de estimulación de la colchoneta ha sido muy elemental. Se han manejado solamente dos tipos de frecuencias y la intensidad de los impulsos ha sido muy débil. A pesar de todo ello, su efecto en la aminoración de la *frecuencia cardíaca* ha sido, sorprendentemente significativo. Estos resultados se comentarán de nuevo en el apartado de *Sugerencias*.

Grupos Synchro-Energizer, Solo, a₁, y con Música, a₂

Y vamos con la primera hipótesis. Como respuesta inicial y global, y en respuesta al reto que representa esta hipótesis, hay que asegurar, que no se puede afirmar, que esa '*máquina*' empleada en las experiencias, y en esas circunstancias descritas en la parte metodológica, sirva para reducir y equilibrar la *Tasa Cardíaca*. Tampoco se puede decir absolutamente que no lo haga. Vamos a intentar matizar y aclarar estas afirmaciones, aparentemente contradictorias. Tendremos que recurrir, como ayuda, a las *Tablas 2.4 y 2.5*, y a las *Figuras* dobles correspondientes, del '*Apéndice A*', para que nos aclaren los confusos y negativos resultados de los *Cuadros 2.4 y 2.5*.

Synchro Energizer, Solo, a₁

Sin duda es el Grupo, cuya efectividad para inducir el alivio del estrés, más interesaba poner a prueba. Era el objetivo general y último de toda la experiencia, tal como queda recogido en la formulación de las hipótesis.

Centrémonos en la *Tabla 2.4*. Recontando, encontramos que en 9 de los sujetos, se observan diferencias entre *antes y después*, marcadamente negativas. Y esas diferencias son mayores que las encontradas en los 11 restantes sujetos, a quienes les ha resultado relajante. Las diferencias en estos 11 son positivas, pero excepto en dos o tres, no muy marcadas. Todo ello explica el que las correlaciones sean bajas y además negativas, -.578, y que los resultados estadísticos sean igualmente muy negativos: ($t(4) = -.26, p = .4045$), *Cuadro 2.4*.

Es cierto que se han empleado pocos sujetos. Tal vez se pueda dudar de la eficacia del diseño experimental para probar tal hipótesis. Pero dudas aparte, lanzar al mercado un

producto, apoyar su venta en una serie de 'beneficios' y además, no aportar datos concretos y contrastados científicamente es, de momento, digámoslo con suavidad, *prematureo*. ¿En qué se basan estas descalificaciones? Se basan en los datos encontrados en esta experiencia. Los datos se encuentran en las tablas y el estudio de esas tablas, a la luz de la presentación de los resultados, no confirma que rebaje la *Tasa Cardíaca*.

Esperábamos confirmar de forma experimental, lo que en las demostraciones individuales nos parecía algo fantástico. Esa era la dirección esperada en nuestros resultados. Los resultados, cuando un experimento se realiza con total seriedad, y cumpliendo escrupulosamente las exigencias del diseño, son tozudos, y colocan los hechos en su sitio. Queríamos descubrir a ver si esas '*Mind's Machines*' eran capaces realmente de situar a los sujetos en '*estado Alfa*'. Para comprobarlo íbamos a registrar el *EEG*, y si conllevaba, además, alguna consecuencia inmediata en relación con la frecuencia cardíaca, la presión sanguínea, la percepción psicológica de bienestar.

Synchro Energizer + Música

Después de los resultados encontrados y discutidos del grupo *a*, los análisis de este grupo pueden resultar también confusos. Es cierto que a la vista de la *Tabla 2.5*, sólo a 2 sujetos les cae fatal el tratamiento, y se supone que indiferente a otros dos. Al resto, el tratamiento les provoca cambio, entre *antes* y *después*, positivo. Los cambios no son muy abultados, pero sí lo suficiente para que en los análisis estadísticos, *Cuadro 2.5*, la correlación entre pares sea positiva, .615, y el resultado final, aunque escaso, significativo ($t(4) = 2.76, p = .0255$).

Y a partir de aquí surge la confusión, que hay que aclarar. Entre el tratamiento *a*, y *a*, no existe más diferencia que la introducida por la Música. Esta variable puede que sea la que marca las diferencias en los resultados y hace que dichos resultados sean significativos.

B. 'Presión Sanguínea'

Queda explicado, en la presentación de los resultados, el sistema de medición seguido con este correlato.

Tras el análisis minucioso de los resultados en las *Tablas 2.1* a *2.5* y en la *Tabla 2.7*, se puede concluir que ningún tratamiento ha sido capaz de marcar diferencias significativas entre un *antes* y un *después*, en línea de disminuir la presión. Se puede concluir, también, que ningún grupo experimental se ha comportado de forma diferente y mejor que el *Grupo Control*.

Grupo Control

Veamos el *Grupo Control* en sus resultados, *Tablas 2.1* y *2.7*.

La lectura de la *Tabla 2.1*, nos dice que 7 de los 20 sujetos no han experimentado cambios, a menos, entre *antes* y *después*, en *Presión Sanguínea*. El resto de los sujetos, si que muestran disminuciones. Esto se traduce, según *Tabla 2.7*, en que 2 de los 5 sujetos, más bien han experimentado un aumento al final de la experiencia, con lo que los resultados finales no son significativos ($t(4) = 1.20, p = .1475$).

Grupo Colchoneta

Es el único tratamiento que mejora ligeramente el comportamiento de los sujetos en la situación del *Grupo Control*. En la *Tabla 2.2*, son 7, al igual que en el tratamiento 1, en los que se registra aumento en la *Presión Sanguínea* tras los veinte minutos del experimento. Eso se traduce en la *Tabla 2.7*, en que sólo uno de los cinco sujetos, ha visto aumentar su tensión. Al final los resultados mejoran algo respecto a los de la situación *Grupo Control*, pero, aunque podrían resultar alentadores, distan de ser significativos ($t(4) = 1.60, p = .0925$)

Grupos Synchro

Estos dos grupos, *Tablas 2.4 y 2.5*, han tenido resultados ligeramente inferiores a los registrados tras la situación *Grupo Control*. Grupo 4, *Cuadro 2.4*, ($t(4) = 1.45, p = .1105$), y Grupo 5, *Cuadro 2.5*, ($t(4) = .48, p = .3295$)

Grupo Jacobson

Los resultados tras este tratamiento, son elocuentes. En la *Tabla 2.3* se comprueba que en 12 de los 20 sujetos se registran presiones *después* superiores a las de inicio.

La explicación está en que, durante más de 15 minutos del tratamiento tenían que estar realizando los ejercicios de *tensión-distensión* que prescribe la técnica. Habría que haber esperado más tiempo para notar los efectos de esta técnica en *Presión Sanguínea*. Pero de momento, los resultados finales, en comparación con los de otros tratamientos, son muy negativos ($t(4) = -2.12, p = .051$)

Se deduce de los resultados en *Presión Sanguínea* que no es este correlato el más fácil de hacer disminuir de forma significativa, al menos para todo tipo de personas. A ciertas personas, en cambio, como queda constancia en el análisis de los resultados de todas las tablas de todos los tratamientos, *Tablas 2.1 a 2.5*, y *Tabla 2.7*, cuyo comportamiento ha sido similar o mejor al del *Grupo Control*, les basta para rebajar la presión, con ponerse en situación parecida a la descrita para el *Grupo Control*.

6.4.3. Correlatos Psicológicos: 'STAI-E'

Vamos ahora a tratar de la "*Ansiedad Estado conceptualizada como un estado o condición emocional transitoria del organismo humano, que se caracteriza por sentimientos subjetivos, conscientemente percibidos, de tensión y aprensión*" (Spielberger, Gorsuch y Lushene, 1970). Las puntuaciones STAI-E, aumentan como respuesta a diferentes tipos de tensión y disminuyen como resultado de las técnicas de relajación. Interesaba comprobar, apoyados en los datos registrados con el STAI-E, la potencialidad de nuestros tratamientos, especialmente el 4 y el 5, y también la de todos los demás, para provocar esa disminución, y en un posible cambio significativo en esos sentimientos subjetivos respecto a la Ansiedad.

Como comentario general y global se puede declarar que la lectura minuciosa de las correspondientes *Tablas y Cuadros*, nos lleva a afirmar que todos los tratamientos han jugado un papel destacado en esa pretendida y buscada disminución, aunque no todos con igual fuerza y claridad. Algunos datos crean confusión y no concuerdan con los ya discutidos. Por eso vamos a ir aclarando todos los términos.

Nos vamos a apoyar de nuevo en los datos recogidos en las *Tablas 2.1 a 2.5*, y en la *2.8*, y en los *Cuadros 4.1 a 4.5*, del 'Apéndice A'.

Grupo Control

Las puntuaciones de los 20 sujetos se puede decir que siguen las mismas pautas y fluctuaciones que en mediciones anteriormente discutidas e interpretadas. A 4 sujetos les ha ido bien y a otros no tan bien. Pero los cambios no han sido muy marcados. La dispersión en las puntuaciones, *Cuadro 4.1*, ($SD = 3.754$), es alta, pero hay que considerarla como la normal del grupo, y los resultados finales, en consecuencia, son los que cabe esperar ($t(4) = 1.79, p = .074$).

Grupo Jacobson

Este tratamiento ha dejado en los sujetos muy buenas sensaciones. La percepción subjetiva, a través de un instrumento tan fiable y válido como el *STAI-E*, ha sufrido cambios significativos en la dirección de sentirse el sujeto más confortable y relajado al final de este tratamiento. Sólo un sujeto deja de tener esas relajantes percepciones. Si nos atenemos al *Cuadro 4.3*, la dispersión de las puntuaciones entre *antes* y *después*, comparada con la del *Grupo Control*, es sensiblemente inferior ($SD = 2.504$). Los resultados finales ($t(4) = 7.95, p = .0005$), no dan lugar a ninguna reserva. Excepto uno, todos los sujetos declaran sentir disminuidos sensiblemente sus sentimientos de tensión y aprensión.

Estos resultados están en línea con los anteriormente comentados en *Tasa Cardíaca* y *Presión Sanguínea*. También ratifican la validez del *STAI-E* como instrumento para captar cambios finos en esas percepciones.

Grupo Colchoneta

También este tratamiento ha funcionado más que aceptablemente. La percepción subjetiva del estado de relajación medida por el *STAI-E*, se ha manifestado con cambios significativos. La dispersión de las puntuaciones *antes-después* es marcada ($SD = 3.206$), aunque inferior a la del *Grupo Control*, *Cuadro 4.2*. Los resultados finales de los análisis son reconfortantes, por la constancia y profundidad de la significación ($t(4) = 5.23, p = .003$). De nuevo hay que resaltar estos resultados como un hallazgo realmente prometedor. Se confirman los anteriormente comentados. Y no parece que sean resultados que se puedan poner en duda. Varios sujetos, confesaban haberse dormido, durante breves instantes, alguno hasta roncó. No se olvide que durante los cinco últimos minutos los impulsos se emitían a 4 Hz/s. Al discutir los resultados *EEG*, se irán reseñando otros hallazgos, más débiles y sutiles.

Grupos Synchro

Al comentar estos resultados nos encontramos con datos que llaman nuevamente la atención. Parece como que se han invertido los papeles entre ambos tratamientos. Y explico. En las anteriores mediciones, el grupo *Synchro · Música*, grupo 5, aparecía con resultados más aceptables que el grupo 4, *Synchro Solo*. Incluso, al discutir el desempeño de los tratamientos en *Tasa Cardíaca*, se llegó a aventurar que tal vez fuera la música, la variable que marcaba las

diferencias, a favor del grupo 4. A la vista de los Cuadros 4.4 y 4.5, parece que esa interpretación se puede seguir manteniendo, a pesar de las aparentes contradicciones que esto supone al comentar los resultados con el STAI-E.

Si analizamos, a través del Cuadro 4.4, la eficacia del *Synchro Energizer Solo* para disminuir la tensión, tal como queda reflejado con el STAI-E, hay que decir que esa eficacia ha sido aceptable. La dispersión es alta ($SD = 3.179$), y la profundidad de las diferencias entre pares ($r = .680$), media. Los resultados finales, por primera vez, tras todos los análisis, acaban siendo significativos ($t(4) = 4.54, p. = .0055$). Hasta aquí, siguiendo el Cuadro 4.4, todo resulta muy bien y muy correcto. Pero hay que volver a analizar las Tablas 2.4 y 2.8, muy detenidamente. Tras este análisis las cosas pueden situarse en términos más reales y que se acercan a lo comentado e interpretado con variables anteriores.

En la Tabla 2.4, del 'Apéndice A', se hallan codificados, junto con los datos de *Fase Cardíaca* y *Presión Sangünea*, los del STAI-E. Analizando uno por uno los resultados de los 20 sujetos encontramos que en 4 de los 20 se registran puntuaciones *después* bastante superiores a las registradas *antes*. En otro sujeto las puntuaciones son iguales. Y en otros 4, las diferencias positivas no van más allá de los 4-6 puntos en el momento *después*. El resto de sujetos, es cierto, registran disminuciones sensibles en los momentos *después*. Ocurre que esos 20 sujetos se reducen a 5, por exigencias del diseño, y la distribución de las diferencias de esos 4 sujetos con puntuaciones más altas *después*, son asumidas por las otras diferencias en sentido positivo, que son bastante abultadas, y se ha realizado muy equitativamente entre los 5 sujetos impuestos por el diseño. En la Tabla 2.8, aparece que los 5 sujetos muestran todas las medias *antes* inferiores a las de *después*. Esa es la explicación comprensiva de los resultados del Cuadro 4.4. En general se puede decir que los resultados concretos en el STAI-E, bajo el tratamiento 4, no superan en mucho a los obtenidos con otras variables, y desde luego son inferiores a los resultados comentados de los grupos 2 y 3. E, incluso, se pueden seguir manteniendo las diferencias a favor del grupo 5. Veamos la lógica de esta interpretación: En el tratamiento 2, solamente un sujeto registra puntuación *después* superior (15 frente a 19). En el tratamiento 3, igualmente un sólo sujeto registra diferencia *después* superior (5 frente a 8 *después*).

Y vamos con el tratamiento 5, *Synchro Energizer Música*. Los resultados de los 20 sujetos en el STAI-E, tras este tratamiento, siguen las mismas pautas que con las variables anteriores. En la Tabla 2.5, recontamos solamente a 2 sujetos que muestran discordancias, (13 frente a 16 *después*, y 14 frente a 43). Esta última diferencia, de 29 puntos, es de llamar la atención, y considero que necesita una explicación, pues por sí sola es capaz de cambiar los signos de todo el grupo.

Rebuscando el sujeto con esas puntuaciones de 14 frente a 43, comprobamos que en la secuencia que le correspondió, fue precisamente este tratamiento el primero para ella. El tratamiento, según confesión propia, le resultó tan extraño, tan traumatizante, tan inquietante, que estuvo a punto de abandonar el laboratorio, pero aguantó a duras penas los 20 minutos de duración. Tras el tratamiento tuvimos que tranquilizarla, relajarla, y darle las explicaciones correspondientes. En el *Cuestionario Abierto*, comentó después algo de sentimientos claustrofóbicos, y de sensaciones desagradables. El sujeto completó, no obstante la traumatizante primera experiencia, toda la secuencia, encontrándose con el tratamiento 4, en último lugar. Los registros, tras el tratamiento 4, aunque negativos, fueron muy normales (7 *antes* frente a 11 *después*), como normales pueden considerarse, para ella, los restantes registros tras los demás tratamientos.

Sin duda ninguna que esos datos han trastocado un poco todos los resultados del grupo 5. En la Tabla 2.8, uno de los sujetos registra medias *después* superiores. Es así como se explica la correlación negativa entre pares ($r = -.336$), y la enorme dispersión ($SD = 5.788$). A

pesar de todo los resultados finales se acercan mucho a la significación ($t(4) = 1.74, p = .0875$).

6.4.4. Correlatos Encefalográficos: El 'EEG'

En la presentación de resultados quedaron fijadas las Tablas en las que se encuentran los datos, convenientemente codificados, suministrados por el BT. Para la presente discusión, vamos a tener delante, no sólo las *Tablas 3, 5, 7 y 9*, sino las series de *Tablas 4, 6, 8, y 10*, con sus correspondientes *Subtablas*, desde la 1 hasta la 25, tal como vienen en el '*Apéndice A*'.

La selección de datos, promediados, en resúmenes de tiempo de cinco en cinco minutos, es una posibilidad que ofrece el BT. El que se hayan elegido fracciones (*epochs*) de cinco minutos, y no otras más largas o más cortas e intercaladas, como por ejemplo, resultados entre los minutos 3 a 5, 8 a 10, 13 a 15, y 18 a 20, obedece a criterios exclusiva y estrechamente relacionados con el planteamiento de este estudio. Se creyó que era lo más adecuado y suficiente para poner a prueba la propaganda de la '*Tecnología Megabram*'. Se proclama en la aludida propaganda que sus aparatos son capaces de producir en los sujetos *relajación, conseguirla rápidamente, mantener sus efectos durante bastante tiempo, crear la sensación de que se encuentran relajados, y en calma, y la de potenciar la sincronía cerebral*. Si lo que se llama '*Respuesta de Seguimiento de Frecuencias*', realmente se produce, de alguna forma se detectará en el '*EEG*', y, precisamente, tal como se asegura en la propaganda, con aparatos como el BT, se pueden captar y registrar esos efectos, si no en los primeros minutos, tal vez en los cinco siguientes, o, al menos, entre los 10 y los 15, o entre los 15 y los 20, momento final de cada sesión de tratamiento. Los correlatos fisiológicos más típicos y comunes de la respuesta de relajación, descrita por primera vez por Walter Hess en 1957, son: Frecuencia cardíaca, presión sanguínea, empleados en esta experiencia y ya comentados e interpretados, tasa respiratoria, la tensión muscular (EMG), la resistencia de la piel (ESR), los ritmos de la actividad eléctrica que origina el cerebro (EEG)... Y con los resultados obtenidos de este último índice nos enfrentamos ahora.

Damos por supuesto, y ya archisabido, que en estado de vigilia, en la mayoría de los sujetos, un hemisferio del cerebro suele mostrar más actividad eléctrica que el otro. La asimetría de la pauta EEG en las personas normales es, en gran parte, una característica del estado de vigilia. Esa diferencia entre hemisferios suele disminuir, e incluso desaparecer, cuando se inicia alguna actividad de relajación, como la realizada con los tratamientos puestos a prueba en la experiencia. Al comentar la sincronización se volverá sobre el tema.

Desde finales de los años 60 y comienzos de los 70, Robert Keith Wallace y Herbert Benson y otros (Wallace, R.K., 1970; Wallace, and Benson, 1972; Wallace, Benson, and Wilson, 1971, Cade, and Coxhead, 1979), estudiaron los correlatos físicos de la meditación transcendental. En esos estudios se corroboraron la presencia predominante de ondas alfa bajas, fronterizas con las ondas zeta, durante la quietud extrema de la mente-cuerpo, y el '*estado de alerta*' descansado de la meditación. Hoy en día existe entre los especialistas del EEG un amplio acuerdo, en el sentido de que el *ritmo alfa* (entre 12 y 8 Hz), representa una especie de encendido de sincronía de las neuronas de la corteza *cerebral* (Cade, and Coxhead, 1979, p.31).

Damos, igualmente, por supuesto que cualquier persona, si cierra los ojos e intenta dejar su mente en blanco, tranquiliza su mente y regula su respiración, se libera de ir emitiendo juicios o hacerse cuestiones, y se deja ir mentalmente, empieza a producir ondas alfa (Joseph Kamiya, 1968). Si eso lo hace con una cierta constancia, puede experimentar

sensaciones muy agradables, y, si persiste, aprenderá a distinguir ese estado, como distinto del estado de estrés

Con este índice EEG, se ha variado el tipo de análisis estadístico. En los anteriores índices, *Tasa Cardíaca*, *Presión Sanguínea* y *STAI-E*, hemos medido a los sujetos *antes* y *después*, y hemos comparado buscando diferencias significativas. Algo parecido podríamos haber hecho con el EEG: Medir a los sujetos con los ojos abiertos y luego con los ojos cerrados, y terminar con otra medición tras los 20 minutos y comparar y analizar pautas EEG, *antes* y *después*. Pero nosotros habíamos introducido un *Grupo Control* y dada la naturaleza de la medición del EEG, eso nos daba otras posibilidades de análisis y comprobación. También nos traía mayores dificultades, y ante ellas nos encontramos. Porque analizar e interpretar tantos datos y tan complejos se convierte en tarea harto difícil y agotadora.

Y puesto que en la Presentación de los Resultados, se ha seguido la estructura de tiempos, ahora se va a respetar esa misma estructura. En otro lugar se ha comentado esa decisión de analizar los datos EEG, de cinco en cinco minutos, en vez de dos en dos o en fracciones (*epochs*) distintas. Ahora vamos a comentar e interpretar los resultados, siguiendo el mismo esquema de la presentación.

Me voy a acercar a los análisis en dos aproximaciones. Una estrictamente Estadística siguiendo las pautas del diseño y del *Manova*, y otra, sencillamente *Descriptiva*.

En la primera aproximación, y tratando de imponer un poco de orden, voy a discurrir por los cuatro tiempos (*epochs*) analizándolos de dos en dos, para ir así respondiendo a las hipótesis. En cada tiempo voy a resaltar lo más llamativo y digno de reseñarse.

En la aproximación de tipo descriptivo, voy a presentar los resultados de los sujetos de forma individual, con el fin de ir respondiendo a ciertos hallazgos, pues no todo son fracasos, y encontrar justificación a ciertas deficiencias, fallos, o carencias, que hayan podido desvirtuar los resultados del *Manova*.

1ª. APROXIMACIÓN ESTADÍSTICA: El '*Manova de Medidas Repetidas*'

Mediante los datos de este correlato, pretendemos probar, ante todo y sobre todo la hipótesis base: *Los aparatos megabram relajan*. La vamos a seguir teniendo presente en todo momento. Si los cinco primeros minutos son pocos para comprobarlo, lo intentaremos con los minutos de cinco a diez, o con los siguientes.

A) Tiempos 0m. 0s. a 5m. 0s., y 5m. 0s. a 10m. 0s.

El sentido de estos dos primeros tramos, sin olvidar aún la 1ª hipótesis, pues encontraremos o no su confirmación, también, en el análisis del EEG, viene dado por la 2ª: *"Los aparatos megabram relajan y lo hacen rápidamente"*. La expresión '*rápidamente*' la brinda el marketing que soporta, en general, la propaganda de este tipo de aparatos. Hay que recordar que la calificación de las hipótesis es de '*universales*'. La propaganda también se expresa en términos y sentido generales y universales. No establece ni categorías, ni distinciones de personas. Desde aquí arranca el sentido de nuestras hipótesis. No se puede olvidar tampoco que hemos introducido en la experiencia una situación experimental que hemos descrito como *Grupo Control*. Este grupo va a ser el espejo en el cual vamos a proyectar los demás grupos, para buscar diferencias significativas. Para ello los tratamientos experimentales tendrán que marcar diferencias significativas respecto al *Grupo Control*. Y en el caso muy expreso de los *Grupo Synchro*, tendrán que mejorar al *Grupo Control*.

Los análisis se apoyan, para estos tiempos, en las *Tablas 4.21 a 4.25 y 6.21 a 6.25*, del 'Apéndice A'.

En la primera presentación de resultados *EEG* encontramos desplegados todos los análisis que nos facilita el '*Manova de Medidas Repetidas*'. A la vista de la presentación no es necesario explicar mucho más, pues los mismos cuadros son lo suficientemente expresivos. Por ejemplo, contemplando el *Cuadro 5.1*, '*1º Cuadro del Análisis de Varianza*', nos podemos fijar en las *Medias y Desviaciones Estándar*, en 12 Hz, compararlas y sacar conclusiones, tanto para el hemisferio izquierdo como para el derecho.

Ya en el cuadro se descubren varios elementos. El más llamativo es que ninguna de las medias de los tratamientos experimentales supera a la registrada para el grupo control. Eso mismo vale para ambos hemisferios. La variación está en las desviaciones, algunas inferiores a las del *Grupo Control*. Hay que resaltar también la persistencia en la baja desviación del grupo *Colchoneta*, tanto en el hemisferio izquierdo como en el derecho, persistencia rota en el hemisferio derecho, en los otros grupos.

Fruto de las medias del *Cuadro 5.1*, es el *Cuadro 5.6b*, '*7º Cuadro de Análisis de Varianza*', en una '*Aproximación Univariada*'. Sólo la *Dif13* aparece con $p = .029$. El mismo *Cuadro 5.1*, nos dice el porqué, pues el *Gru3* tiene una media, muy alejada, por más baja, de la del *Grupo Control*, sin que la desviación sea mucho menor. También queda explicado en el *Cuadro 5.7b*, '*8º Cuadro del Análisis de Varianza*', donde la *Dif13*, en su hemisferio izquierdo presenta un *Coeff.* negativo. Es decir, es significativo, pero por ser mucho menor, lo cual, tratándose del *Grupo Jacobson* tiene una cierta explicación, pues en esos minutos empezaban las *instrucciones verbales* y los *ejercicios de tensión-distensión*, propios de la técnica. Estos comentarios se refieren a los análisis con 12 Hz. Pero bien pueden aplicarse, casi con las mismas palabras, a los correspondientes para 11, 10, 9, y 8 Hz, e igualmente para los resultados presentados en el tramo de tiempo de *5m. 0s. a 10m. 0s.*

En ninguno de los análisis se encuentran diferencias significativas con el *Grupo Control*. Es cierto que en algunos hertzios la media de algún grupo, a veces es el *Grupo Colchoneta*, y en alguna otra, otro grupo, supera numéricamente a la del *Grupo Control*. Pero unas veces por la desviación estándar y otras porque las diferencias son mínimas, no se alcanza la significación.

Se concluye que estos resultados, en los diez primeros minutos, no van en la dirección de las hipótesis. Ni en los cinco primeros minutos ni en cinco siguientes. No se han encontrado resultados que en comparación con el *Grupo Control* marquen diferencias significativas.

B) Tiempos 10m. 0s. a 15m. 0s. y 15m. 0s. a 20m. 0s.

Con estos tramos vamos a comprobar si se cumple la tercera hipótesis: '*Los aparatos megahrain relajan y su relajación perdura*'. Es decir, que se esperan encontrar, al menos, ciertos atisbos de apoyo a los fines hipotetizados.

En estos tiempos, los datos base para el *Manova* se encuentran en las series de *Tablas 8.21 a 8.25, y 10.21 a 10.25*, del 'Apéndice A'. A ellas nos remitimos.

Digno de reseñarse es que sigue siendo el *Grupo Colchoneta* el que registra medias superiores a la del *Grupo Control* en todos, menos en uno, de los '*1º Cuadros de Análisis de Varianza*', para el hemisferio izquierdo, y en alguno de los del hemisferio derecho. Las desviaciones también son, en general, para dicho grupo, las más bajas y ajustadas. No obstante, en ningún caso, las diferencias llegan a ser significativas. El *Grupo Jacobson* no muestra un comportamiento uniforme, ni en las medias ni en las desviaciones, y, en todos los casos, sus registros están siempre por debajo del *Grupo Control*. Los dos *Grupo Synchro*,

Solo, y con *Música*, presentan, a su vez, registros desconcertantes. Casi en ninguno de los cuadros presentan medias al nivel de la del *Grupo Control*, y sus desviaciones suelen ser las más altas, tanto en el hemisferio izquierdo como en el derecho. Si analizamos en detalle la causa de las desviaciones tan altas, la encontramos en las *Tablas 8.21 a 8.25*, y las *10.21 a 10.25*. En ellas pueden apreciarse los registros promediados de cada uno de los 20 sujetos, y reducidos a 5.

Después de esa apreciación, podemos volver a repetir, en plan global, lo dicho como conclusión, en los anteriores tramos de tiempo: No se aprecia en las pautas EEG, que los tratamientos, en este índice, marquen diferencias significativas. Y aunque se puede apreciar, en estos últimos tramos, que hay una cierta variación, a mejor, de los *Grupos Synchro*, esa mejoría no llega aún a la situación del *Grupo Control*.

Al realizar un análisis individualizado, *Tablas 8.1 a 8.20*, y *10.1 a 10.20*, nos encontramos que, más o menos un 30% de los sujetos, registra pautas EEG, que se acercan, incluso superan claramente, aunque no mucho, a las pautas registradas para el *Grupo Control*.

A otro 30%, los tratamientos, especialmente los dos con *Synchro*, les asustan, les intranquilizan, les tensionan, de una forma especial, y dan como resultado, registros de pautas EEG, de llamar la atención. Recordemos lo ya reconocido. Los datos de estas últimas tablas, agrupados de cuatro en cuatro para formar los 5 sujetos exigidos por dinámica del diseño, desvirtúan medias y desviaciones de todos los grupos, incluido, claro, la del *Grupo Control*. Nos encontramos así, que aunque el *Manova*, es uno de los estadísticos más poderosos y finos, especialmente en su '*Aproximación univariada*', no es capaz de apreciar, no ya diferencias significativas, sino ni siquiera simples diferencias, entre algunos grupos experimentales, y el *Grupo Control*. Y lo dicho puede y debe aplicarse en todo su alcance y significación a los *Grupos Synchro*, pues ellos son el objeto principal de puesta a prueba en el presente experimento.

Volviendo a los análisis individuales, queda un grupo de sujetos a quienes los tratamientos no les han dicho gran cosa. Sus registros, parece como que dependen del humor en que se encontraron ese día. Sus pautas EEG, en los grupos experimentales, no son ni superiores, ni inferiores a los registros para el *Grupo Control*.

El análisis de estos resultados son realmente desalentadores. El entusiasmo inicial respecto a los aparatos megabrain, se diluye suavemente. Pero antes de que se extinga, vamos a hacer otro esfuerzo, y vamos a tratar de buscar otras explicaciones, que no nos sitúen en el fracaso total. Porque tenemos los resultados previos en *tasa cardíaca*, *presión sanguínea* y *STAI-E*, y no fueron tan negativos. Todo lo contrario. Aunque pequeños, resaltamos ciertos hallazgos, que no conviene olvidar, sino que vamos a esforzarnos por ver si salen confirmados y reforzados, o no, con los registros del correlato EEG. Es la razón por la que vamos a realizar una *Aproximación Cualitativa*, desgranando un pormenorizado análisis descriptivo del comportamiento individual de cada sujeto.

2". APROXIMACIÓN DESCRIPTIVA *Análisis Descriptivo individualizado*

En la presentación de resultados entre 12 y 8 Hz, para los cinco primeros minutos, cada tabla de las analizadas va acompañada de sus correspondientes figuras dobles que recogen el comportamiento, entre 30 y 1 Hz. Las figuras son reflejo gráfico que incorpora los datos numéricos de las tablas. Si hacemos caso a Kamiya sus descubrimientos quedan perfectamente reflejados en las figuras de todos los tratamientos. La figura adopta la forma de jarrón. Hasta aquí todo parece ir sobre ruedas.

Por eso, de momento y de forma general, se puede responder a las hipótesis que no queda reflejado en los datos EEG, que los aparatos megabrain relajen rápidamente. Tampoco

que lo hagan transcurrido más tiempo, es decir, que su relajación perdure. Y se puede defender esta afirmación apoyados en los resultados en *tasa cardiaca* y en el *STAI-K*, y, además, reforzados en estos datos del *EEG*. Las hipótesis planteadas son universales, como universal es la propaganda que precede a la venta de tales aparatos. Dicho lo cual, hay que analizar y tratar de ver por qué se siguen vendiendo, y por qué mucha gente los sigue comprando y usando.

Una primera impresión personal, tras la experiencia concreta con estos aparatos y los análisis anteriores, concuerda con las declaraciones de algunos usuarios de los aparatos megabrain, y ratificada, además, por algunas otras fuentes '*informales*', que te dicen, con cierto rubor, que compraron ilusionados dichos aparatos, los usaron un cierto tiempo, de entrada les entusiasmaron, y, finalmente, los arrumbaron, sin más, en el armario de los '*trastos*'. Y allí siguen.

Decidido este camino y enunciadas estas primeras conclusiones y la anterior impresión nos vamos a centrar en el análisis, más bien descriptivo, de los comportamientos de cada uno de los sujetos, tal como quedan codificados en la *Tabla 10*, y en las *Subtablas 10.1 a 10.20*, es decir, en los cinco últimos minutos de la experiencia.

La presentación se limitó a datos, en hertzios, que reflejan la respuesta de relajación. Por eso se hizo el *Manova* con datos que van de 12 a 8 Hz. Ahora en la discusión de este correlato, en plan descriptivo, vamos a ampliar el análisis a toda la gama de datos, entre 30 y 1 Hz, para cada sujeto.

Esta discusión quedaría coja si no se explicaran otros detalles de los análisis. Uno de ellos es que manejamos en cada análisis muy pocos sujetos y muy pocos datos de cada uno. Otro, ligado al anterior y a comentarios ya expuestos anteriormente, es la gran diversidad de *pautas EEG*, que presentan los 20 sujetos. En las tablas-figuras, que vamos a comentar e interpretar, se observan detalles que pueden llamar la atención. Se puede apreciar que todos los sujetos registran actividad desde 1 hasta los 30 hertzios. Partiendo desde 12 hasta 30 Hz, la intensidad va a menos y cada vez es menos intensa hasta llegar casi a cero. La explicación más plausible y sencilla es que los cerebros permanecen despiertos y conscientes, y más en esa situación experimental, con tantos estímulos sonoros y luminosos, tan chocantes y llamativos, para casi todos los sujetos.

En el otro extremo de las tablas-figuras, observamos también un fenómeno parecido. Los especialistas hablan de que todo sujeto, en cuanto cierra los ojos e intenta buscar la relajación, y aunque permanezca despierto y consciente, produce ondas delta. En los registros de cada sujeto se recogen también, en unos más intensas y en otros menos, y en la banda entre 8 y 1 hertzio, actividad de ondas zeta y delta. Estas últimas aparecen mezcladas, con '*ruidos*' y '*parásitos*'. En algunos casos, hay que suponer que esos '*ruidos*' y '*parásitos*', no se han filtrado lo suficientemente bien por el *BT*. Otra explicación, que puede sumarse a la anterior, es que colocar de forma apropiada los electrodos, y que permanezcan bien pegados durante los 20 minutos, es realmente difícil.

Y no podemos olvidar, además, que alcanzar *pautas EEG* estables, exige cierto entrenamiento, que no tenían los sujetos de nuestra muestra, y aún con entrenamiento, todos los especialistas coinciden en que no todos los sujetos consiguen esas *pautas EEG* estables con igual facilidad y rapidez.

Y finalmente, recordar, una vez más, que esos 20 sujetos, por exigencias del diseño, se promedian en grupos de cuatro, tal como aparecen en las series de *Subtablas 4.21-4.25 a 10.21-10.25*. En esos promedios de cuatro, uno o dos sujetos, con puntuaciones bajas, trastocan todos los resultados. Algo de esto nos ha ocurrido a nosotros, y esta es la razón última de que recurramos a otro tipo de resultados para discutirlos e interpretarlos, y tratar de encontrar algún dato positivo, que si los hay.

Como consecuencia, nos vamos a centrar en los análisis cualitativos de la serie de *Tablas 10.1 a 10.20*, donde aparecen, cuantificadas en microvoltios, las *pautas EEG* de cada uno de los sujetos, en los 5 tratamientos, durante los cinco últimos minutos de experiencia

Los análisis se van a hacer siguiendo la estructura en grupos, cinco en total, recordando, además, la secuencia de tratamientos, asignados al azar, a los cuatro componentes de cada grupo y seguida por los cuatro componentes del grupo. Se va a tener en cuenta el sexo, por si arrojará algo de luz.

Los criterios que vamos a enunciar se pueden aplicar para interpretar los resultados individuales en los otros tiempos (*epochs*) anteriores, de 1 a 15 minutos

Grupo 1: Sujetos integrantes nº 2, 4, 14, y 16

Son tres chicas, y un chico, el nº 14. La secuencia de tratamientos, aplicada a los cuatro componentes, fue la 5ª: 4, 5, 2, 3, y 1.

Ninguno de los cuatro sujetos que integran el grupo muestra pautas EEG similares. El nº 14, el chico, es quien muestra unos registros más uniformes y estables. Con todos los tratamientos experimentales imita la pauta EEG del *Grupo Control*. Los *Grupos Colchoneta y Jacobson*, incluso le superan levemente en intensidad en los hertzios 10 y 11. En los dos tratamientos *Synchro*, también se registran pautas parecidas al *Grupo Control*, sin llegar, en esos mismos hertzios 10 y 11, ni en ningún otro, a igualar las intensidades del *Grupo Control*.

El sujeto 4, también registra pautas EEG muy uniformes y estables en los cinco tratamientos. Las intensidades registradas son todas de pocos microvoltios. Y la más fuerte se desplaza a los 8 Hz, que es pauta EEG de ritmo alfa bajo. En los *Grupos Synchro*, sus registros son similares en intensidad a los del *Grupo Control*, y en el tratamiento 5, un poco superiores.

Las pautas EEG del sujeto 2, son más inestables. Destacan los registros en los *Grupos Colchoneta y Synchro Solo*. En el *Grupo Jacobson*, se observan máximas intensidades en hemisferio izquierdo en ritmo delta. Es como si hubiera terminado la sesión semidormida.

Finalmente, el último integrante del grupo, el nº 16, igualmente chica, es quien muestra pautas EEG más inestables. Sus registros en los tres primeros tratamientos, son de muy baja intensidad. Y es curioso: aunque bajas, las intensidades más bajas se sitúan en los tres primeros tratamientos en ritmo delta. En el cuarto, se intensifica la actividad zeta y delta, sobre todo en el hemisferio derecho. Es como si hubiera estado imaginándose, plenamente consciente, escenas del paraíso. Y desde luego, con el tratamiento 5, *Synchro - Música*, le fue bastante bien y la dejó suave y tranquila.

Grupo 2: Sujetos integrantes nº 6, 8, 15, y 18

Son dos chicas y dos chicos, los números 6 y 15. La secuencia que se les aplicó fue la 1ª: 1, 2, 3, 4, y 5.

Entre estos cuatro sujetos, destaca por sus pautas EEG, estables y uniformes, el nº 15, que es un chico. Los máximos registros se manifiestan con intensidades muy altas en ritmo alfa y más bajas en el ritmo zeta. Y la pauta se repite con los cinco tratamientos. Los *Grupos Colchoneta y Jacobson* son ligeramente superiores al *Grupo Control* en 8 y 9 Hz. Los *Grupos Synchro* han funcionado con este sujeto al mismo nivel y pauta que con el *Grupo Control*. A este sujeto, no le hace falta, para relajarse profundamente, sino cerrar los ojos, ponerse en situación cómoda y en lugar tranquilo, y dejarse ir. No necesita más trucos ni estrategias. Incluso puede activar fácilmente el ritmo zeta, y mantenerlo, con un poco de entrenamiento.

Al otro chico, el nº 6, le resultó muy eficaz el *Grupo Colchoneta*. Su pauta EEG bajo ese grupo de tratamiento, en ritmo alfa, 9-11 Hz, supera en intensidad a la pauta del *Grupo Control*. Las intensidades en los demás hertzios son poco intensas, en todos los tratamientos, y en el *Grupo Jacobson*, parece como si los electrodos no hubieran estado bien colocados. Los *Grupo Synchro*, aunque con menos intensidad, siguen, pero sin superarlas en intensidad, las pautas EEG del *Grupo Control*. Este sujeto, en el *Cuestionario Abierto*, manifiesta haber tenido una gran sensación de alivio y descanso y sus efectos haberle durado hasta 24 horas.

El sujeto 8, una chica, muestra pautas EEG, que se repiten en todos los tratamientos, con intensidades que resultan ser muy bajas. Es como si nada más cerrar los ojos, cayera en estado semidormida y su mente quedara totalmente en blanco. Los colores, a veces le molestaron, y otras como que la mecieran suavemente.

El sujeto nº 18, también chica, muestra pautas EEG muy similares al sujeto anterior. En todos los tratamientos, las intensidades son muy bajas. Se incrementan levemente, en el ritmo zeta, sin superar los 8 microvoltios en ningún hertzio. Es como si nada más cerrar los ojos, se sintiera, igual que el sujeto anterior, como mecida suave y silenciosamente en una cuna.

Grupo 3: Sujetos integrantes nº 3, 9, 13, y 17

Los cuatro sujetos son chicas. La secuencia de tratamientos que se les aplicó fue la 4ª: 3, 4, 5, 1, y 2.

Las cuatro registran, tras los cinco tratamientos, pautas EEG distintas, pero muy estables.

Por su fuerza e intensidades, destaca el sujeto nº 13. Sus pautas EEG, son iguales en todos los tratamientos. Las máximas intensidades oscilan entre 12 y 5 Hz, destacando en 8-9-10 Hz. Es como de libro. Da la impresión que para relajarse sólo necesita cerrar los ojos y quererlo conseguir. Y nota sus efectos. Los diversos tratamientos no le añaden nada que le sirva. Tiene en todos los tratamientos experimentales un comportamiento similar al *Grupo Control*. Sujetos como esta chica son buenos modelos para las demostraciones que sustentan ciertas campañas de marketing de venta de aparatos megabrain.

También la nº 9, tiene pautas EEG, estables y equivalentes. Las intensidades, aunque no muy intensas, destacan sobre las demás en los hertzios 9-10-11. Ningún grupo experimental supera en intensidades al *Grupo Control*, aunque todos producen igual pauta EEG. Es otro sujeto, que puede servir de modelo, como el anterior, pues necesita muy poco para relajarse y cuando lo intenta, lo consigue, y hasta las luces y los sonidos le molestan. No los necesita.

La nº 17, es la única que muestra en el *Grupo Control* una pauta EEG, repetida en más sujetos: Todas las intensidades son bajas, y las más intensas, sin superar los 8 Hz, se sitúan en el ritmo delta. En los cuatro tratamientos experimentales, se registra la máxima intensidad en los 10 Hz. Se superan en algunos los 11 microvoltios, muy por encima de los registrados en el *Grupo Control*. Los *Grupos Synchro*, además, parece como que le activan, especialmente, el hemisferio derecho. Tal vez sea el único sujeto que en los *Grupo Synchro*, marque diferencias más claras con el *Grupo Control*.

Al sujeto nº 3, en cambio, ninguna campaña de marketing la cogería como modelo de demostraciones. En los cinco tratamientos muestra una pauta EEG equivalente, y ya repetida en varios sujetos de la muestra: Las intensidades mayores, sin superar los 9 microvoltios, se sitúan en el ritmo delta. Es como si nada más cerrar los ojos y proponérselo, puede situarse en estado semidespierta, y ni siquiera las luces y los sonidos son capaces de alterarla.

Grupo 4: Sujetos integrantes nº 1, 5, 7, y 10

Son tres chicas y un chico, el nº 5. La secuencia que se les aplicó fue la 3ª: 5, 3, 1, 2, 4

A ninguno de los cuatro sujetos les han relajado los tratamientos *Synchro*. Todos ellos muestran pautas EEG, muy parecidas. La pauta del *Grupo Control*, la repiten en los *Grupos Colchoneta* y *Jacobson*. Las intensidades máximas se registran en los 9-10 Hz o en los 10-11 Hz.

A ninguno de los sujetos del grupo, excepto muy levemente al nº 10, le estimula el *Grupo Synchro Solo*. El *Synchro - Música*, parece que le relaja al nº 5, y algo menos al nº 1, y en absoluto a los otros dos, al 7 y al 10.

Grupo 5: Sujetos integrantes nº 11, 12, 19, y 20

Lo integran dos chicas, los números 12 y 20, los otros dos son chicos. La secuencia aplicada a los cuatro componentes del grupo fue la 2ª: 2, 1, 4, 5, y 3

Examinando detenidamente las tablas de los cuatro sujetos, nos encontramos pautas EEG muy parecidas. Uno sospecha que los sujetos 12 y 19 han asistido a la experiencia y no la han abandonado por responsabilidad y disciplina. Además, con los datos delante, se puede decir que no se han dormido, pero se han encontrado a gusto hasta el final de las sesiones.

Un análisis muy fino de las pautas EEG de los otros dos sujetos, lleva a descubrir algunos atisbos interesantes. El sujeto nº 20 reacciona levemente en la situación *Jacobson* y en la de *Synchro - Música*. En los hertzios 10-11, marcan ciertas diferencias respecto al *Grupo Control*.

El sujeto nº 11, presenta en el *Grupo Control* una pauta EEG, de lo más llamativa. El tratamiento 2, *Colchoneta*, le sitúa fácilmente en situación de relajación y le mantiene en ritmo zeta, sin llegar a dormirse, perdiendo a veces nociones de tiempo y de la situación. En los otros tres tratamientos el comportamiento sigue pautas EEG, no muy equivalentes a la del *Grupo Control*. En 9-10 Hz, los *Grupos Jacobson* y *Synchro Solo*, registran intensidades claramente superiores las del *Grupo Control*.

A los dos chicos, las sesiones les dejaban tranquilos y con agradables sensaciones.

6.4.5. Sincronización Cerebral

Se ha hablado mucho de la sincronía cerebral. Y creo que en el contexto de los aparatos megabrain, con una cierta imprecisión. Se presenta la sincronía cerebral, como si el conseguirla, supusiera alcanzar algo en plan de potencia sumatoria, como si con un hemisferio se funcionara a un 50%, y con la sincronía se lograra sumar más potencia y funcionar ya a un 70, 80 ó 90%.

Pero eso no concuerda con la realidad fisiológica. La asimetría cerebral tiene una función clara en estado de vigilia. Cada hemisferio está especializado en ciertas funciones. Cada persona activa un hemisferio u otro en función de la necesidad que impone la naturaleza de la tarea concreta. No se descarta, que, a veces, funcionen ambos hemisferios en la solución de algún problema o en el desarrollo de alguna actividad concreta que así lo requiera. Por eso se viene repitiendo desde los años 70 que la asimetría de la pauta EEG en las personas normales es en gran parte una característica del estado de vigilia. La teoría actual, muy desarrollada, sobre la especialización de los dos hemisferios cerebrales sostiene que esa especialización se ha ido desarrollando en los humanos para facilitar la respuesta al entorno. En estado de vigilia, nuestra mente está centrada en el mundo exterior. Si eso es así, es normal

que las actividades de los dos hemisferios difieran. Pero esa situación cambia cuando un sujeto cierra los ojos y se centra en su interior y se pone en situación de relajación. Se produce, entonces, una pauta bilateralmente simétrica del EEG. Los estudios posteriores a los años 70, han confirmado, que esa pauta simétrica EEG como una característica propia de los estados alterados de conciencia. Hoy en día existe entre los especialistas del EEG un amplio acuerdo, en el sentido de que el *ritmo alfa* (entre 12 y 8 Hz), representa una especie de encendido de sincronía de las neuronas de la corteza cerebral (Maxwell-Coxhead, 1979, p.31). La simple práctica de la ensoñación por cualquier persona es capaz de provocar pautas EEG muy simétricas. Propio de esas pautas es que la intensidad de las frecuencias decrece uniformemente hasta llegar a las de los hertzios 12-8 Hz, donde aumenta la intensidad, llegando a un máximo en los 10 Hz. A partir de los 8 hertzios va decreciendo hasta 1 Hz.

Los datos, codificados en tablas y graficados en figuras, confirman lo expuesto anteriormente. Pueden examinarse las tablas y las figuras correspondientes al *Grupo Control* en todos los tiempos, tal como se encuentran en el '*Apéndice A*', y se apreciará la confirmación de lo dicho anteriormente.

Este es el misterio de la Sincronización Cerebral, exhibida y hasta resaltada como un trofeo increíble, provocado por la fuerza de los programas de luces parpadeantes y sonidos secuenciales, producidos por las *Mind's Machines*.

6.4.6. Las Sensaciones de Bienestar: El '*Cuestionario Abierto*'

Falta por fin, la interpretación de los resultados del '*Cuestionario Abierto*' ('*Apéndice B*'). Vamos a buscar con ella la confirmación de la última de las hipótesis: '*Los sujetos tienen la sensación de que al final de la experiencia se encuentran relajados y en calma*'. Es una confirmación que tiene mucha importancia. Su dilucidación crea muchos desacuerdos entre los datos registrados y lo sentido por los sujetos. Pero no podemos olvidar que, por manifestación propia, ninguno de los sujetos de la muestra tenía experiencia previa de relajación. Esta fue una de las condiciones de selección entre los voluntarios. Las sensaciones de relajación difícilmente se pueden describir con propiedad si no se han experimentado muchas veces.

Tal vez, la mejor descripción que se puede hacer del comportamiento de los tratamientos con *Synchro*, sea a través del *Cuadro 6.2*, donde se encuentran codificadas las respuestas al '*Cuestionario Abierto*'.

Contemplado el cuadro, el primer dato reseñable, por donde se puede empezar a interpretar, es por la última columna, que recoge la impresión subjetiva, de si se ha sentido relajado y durante cuánto tiempo ha durado su efecto. Son ocho los sujetos, que no manifiestan nada. Hay uno que asegura haberse relajado y el efecto le ha durado 15 minutos y 3 sujetos más dicen que el efecto les duró media hora. A 2 sujetos les perduran los efectos entre hora y hora y media. Y, finalmente, 5 cuantifican el efecto en 2-3 horas. Por sexos, los chicos, en general, manifiestan que les fue muy bien, pues, 4 de 6, dicen que se han relajado y que el efecto les ha durado un cierto tiempo: Uno dice que 24 horas; otro puntúa muy alto en todas las preguntas y luego no puntúa en los efectos. Este último, en las observaciones, dice haberse sentido más optimista y relajado. Y el último de los chicos, muestra señales como que entraba en *estado Zeta* y anduvo rondando el sueño.

Las chicas fueron 14, y se puede decir que, en proporción, hay tantas como chicos, 7 en total, que dicen haberse también relajado. El resto o no dicen nada, o, como parece por el cuadro, no les fue tan bien.

Concluyendo de la codificación del *Cuadro 6.2*, se puede decir que hay tres grupos, más o menos equilibrados: a unos les va bien, a otro grupo no les fue ni bien ni mal y a un tercer grupo que más bien les fue mal.

6.5. Implicaciones-Sugerencias

6.5.1. Implicaciones

Estos aparatos megabrain, apoyados en una buena y masiva campaña de marketing pueden tener un cierto éxito de ventas a muy corto plazo, pero no mucho más. Estas campañas se hacen de forma indiscriminada y se dirigen al gran público. Sus productos se venden hasta por correo. Algunas de estas campañas tienen su impacto y a juzgar por las nuevas marcas que van surgiendo, parece que el mercado es amplio y está dando buenos resultados económicos. Pero ¿dónde queda la demostración científica de la efectividad de dichos aparatos? Todo está en el aire.

Con los datos recogidos en esta nuestra experiencia se puede afirmar, que esas campañas de promoción se apoyan en datos, y se puede decir que son ciertos. Pero me temo que esos datos, no representan toda la realidad. En la *Presentación de los Resultados* y en las *Tablas del 'Apéndice A'*, queda al descubierto que hay ciertos sujetos que responden mejor que otros, y que algunos lo hacen en la dirección contraria. Por cada sujeto a quien estas máquinas relajan, le relajan pronto y su relajación parece perdurarle, podemos encontrar otro, o más de uno, a quien no le producen ningún efecto registrable, o a quien, más bien, le pone nervioso y no le relaja en absoluto.

Nuestra muestra ha sido muy pequeña y no pueden extraerse ciertas conclusiones, pero si se encuentran datos para afirmar ciertas tendencias o para sugerir posibles estudios futuros.

No hemos medido la personalidad, dada la pequeñez de la muestra, pero si alguien quisiera coger el testigo y continuar con este estudio se le aconsejaría que empleara ya muestras amplias, representativas de una población general, y tuviera en cuenta variables tan importantes en esta validación de los aparatos Megabrain, como sexo, edad, y, sobre todo, personalidad. No a todas las personas afecta por igual. Hay que descubrir a quiénes y por qué.

En el presente estudio esto queda más o menos patente al analizar finamente los datos. Por eso, lanzar campañas de promoción y venta en forma masiva e indiscriminada no deja de ser un atentado a la veracidad, y una temeridad. Se apoya en medias verdades, que ni siquiera están demostradas fehacientemente. Además, se introducen en el campo propio de profesionales de la salud, como médicos, psiquiatras, psicólogos, educadores, y tratan de ofrecer instrumentos que infravaloran las técnicas y estrategias empleadas desde siempre por dichos profesionales y, al final, logran que alguien les suplante como terapeutas.

Estos aparatos han caído en manos de aficionados, con más ganas que conocimientos, o incluso algunos han montado '*chiringuitos*', llenos de simbología parapsicológica, donde ofrecen las delicias del paraíso en sesiones de 20, 30 o 60 minutos a todo aquel que, previa paga de una pingüe cuota, tenga problemas, quiera relajarse o simplemente quiera experimentar desde regresiones a paseos astrales.

Los Profesionales y sus Colegios tienen la obligación de defender y velar por la profesión y dar un toque de atención: No se puede permitir una propaganda que pone estos aparatos en manos de cualquier persona que no sea un profesional de la salud.

6.5.2. Sugerencias

La primera sugerencia va en la línea de las nuevas generaciones de aparatos. Se pueden consultar en la *Guía* que se recoge en el 'Apéndice D'.

En la *Introducción* y en el capítulo dedicado a '*Luces y Sonidos*', quedan ya formuladas algunas sugerencias. Estos aparatos manejan luces y sonidos y aseguran que, convenientemente ajustados en intensidad y frecuencia, provocan en el cerebro la respuesta de seguimiento, con lo cual, conocidas las frecuencias predominantes a las que trabaja el cerebro en estado de relajación, podremos, en pocos minutos, provocar, a voluntad, los estados de conciencia que deseemos.

Hasta aquí todo es teoría, y todo parece demasiado fácil y bonito. Todo parece indicar que esa teoría de la respuesta de seguimiento a los estímulos funciona y se ha probado ser realmente efectiva cuando se ha trabajado con luces estroboscópicas y de tipo flash. Queda por probar si *precisamente* esas luces, esas intensidades y colores, y esos sonidos, estructurados en esas secuencias, presentadas por esos aparatos concretos, son los más apropiados, responden a la teoría. Por los resultados encontrados en este experimento parece que no. Se atisban elementos positivos, pero no mucho más.

De hecho, los grandes diseñadores de *Min's Machines*, como *Rob Robinson, Robert Austin, David Siever, Bill Lee, Keith Simons...*, están en la brecha. Siguen trabajando en nuevos diseños, muy atentos a los resultados de los pocos investigadores que les sugieren nuevas ideas. Es prueba de que no están satisfechos con lo que tienen. Algunos confiesan que no logran atinar aún con las claves del tema. Hay quien manifiesta que se siente como que toca la solución con la punta de los dedos, pero...

Las nuevas generaciones de aparatos que están anunciándose en el mercado, van incorporando medios informatizados. Luces y sonidos se programan, se emiten y se controlan por ordenador. El desarrollo de diodos Led, de luz blanca y alta potencia, abre nuevas perspectivas. Se están aprovechando, también, sobre todo en el campo de los sonidos, las inmensas posibilidades de los nuevos sintetizadores. Por ese camino se puede progresar en la línea de ir creando sonidos, cercanos y/o parecidos a los naturales, que son los auténticamente relajantes. Pero todo esto se anuncia en revistas como algo que se está elaborando y desarrollando aún. Y claro, cuando entramos en el campo de la salud, es necesario hacer abundante investigación científica, seria y controlada, y no quedarnos en simples demostraciones espectaculares, propias de charlatanes de feria, que asombran, cobran, y no prueban nada.

En esta última línea se impone el validar cada uno de los aparatos. Habría que hacerlo con muestras representativas y diseños potentes. Incluso, habría que ir a la comparación de la efectividad de varios aparatos a la vez.

Porque esa respuesta de seguimiento se da. El que el aparato concreto, empleado en esta nuestra experiencia, con su programa máquina nº 7, no haya provocado los resultados esperados no puede llevarnos a desechar y anatematizar a todos los modelos, sin más. Quien los usa realmente '*nota*', '*siente*', '*percibe*' un '*algo*', que no está aún analizado y definido. Y con alguno de los últimos modelos que están en el mercado, esto parece mucho más claro y patente, que con los modelos ya antiguos.

No todos los aparatos megabrain se agotan en los modelos de Denis E. Gorges. Se han desarrollado otros muchos modelos, como puede comprobarse en la *Breve Guía* correspondiente, 'Apéndice D', que son diferentes, mucho más potentes, más tecnificados, más sofisticados, e infinitamente más baratos y versátiles.

Otra sugerencia hace referencia a la *colchoneta electromagnética* ('*Apéndice E*') Su descubrimiento como *posible*, fácil y cómodo instrumento inductor de alivio para el estrés merece comentario aparte.

Lo experimentado no es sino un atisbo. Pero algo, al parecer muy sugestivo y atrayente, que, tal vez, merezca la pena un estudio más extenso y más concreto. Puede que estemos ante algo grande, que tras un exquisito y paciente desarrollo y cuidada comprobación, tal vez llegue a convertirse en un instrumento que sea capaz de ayudar a mucha gente, estén enfermos o simplemente actúen en plan preventivo.

La sugerencia va en la línea de aprovechar el diseño, que, apoyado en los datos iniciales descubiertos y sugeridos tras esta investigación, ya está patentado y desarrollado por José Luis Arranz Gil.

El nuevo aparato, tal como se ha diseñado, está pensado exclusivamente para *investigación*. Esencialmente se compone de un generador de impulsos que se difunden a través de tres bobinas planas distribuidas en la colchoneta. Presenta gran capacidad de generación de impulsos, a frecuencias que van de 1 a 200 Hz, en forma de onda cuadrada, y una amplia gama de intensidades, variables cuyas variaciones se cuantifican y visualizan en displays, y se controlan con mandos de contacto.

Se ha pensado en este diseño, con esa gama de frecuencias, forma de onda, y selección de polaridad, porque se sabe que hay núcleos, en el cerebro medio especialmente, que juegan un gran papel en el estado emocional de los sujetos. Dichos núcleos no trabajan a las frecuencias comentadas y estudiadas de 1 a 30 Hz para la corteza cerebral. Hay investigaciones e investigadores que han detectado ya algunas de esas frecuencias que van más allá de los 30 hertzios.

Esto exigirá hacer balance de esos núcleos, estudiar la función que cumplen y tratar de conocer cuál es la frecuencia de funcionamiento y forma de onda óptimas, y a continuación comprobar si, estimulando esos núcleos a las frecuencias, intensidades, forma de onda y polaridad apropiadas, podemos restablecer equilibrios, levantar ánimos, calmar ansiedades.

Hay enfermedades, como las englobadas bajo el epígrafe de '*Fanga* (*Tronca*)', cuya curación tal vez pueda atisbarse por este medio. No se descarta tampoco, el robustecimiento y reequilibrio del Sistema Inmune, en enfermedades como el Sida. En este caso, ya hay alguna demostración que abre el camino a cierta esperanza.

Y no se diga nada del posible tratamiento de simples ansiedades, e, incluso, depresiones. Hay que dar con las frecuencias típicas y con las formas de ondas y polaridades más apropiadas.

Cabe pensar en el diseño, no sólo de colchonetas, sino de colchones, de sillas, de sillones especiales, que lleven incorporado un generador de impulsos, que se pueda activar, a voluntad, según la necesidad y/o la dolencia que aqueje a los pacientes.

6.6. Limitaciones

Se proclamaba en la introducción, que la validación de las '*Máquinas de la Mente*' exigía manejar muestras representativas, manipular muchas variables implicadas, controlar otras, para llegar a evidencias científicas. Todo ello se ha procurado cuidadosamente en la presente experiencia, pero el conseguirlo a un nivel aceptable no siempre resulta ni fácil ni posible. La realidad se impone, a veces, con toda su crudeza. Sobre todo a nivel de presupuesto. El experimento se ha desarrollado en condiciones económicas bastante precarias. Esa precariedad ha condicionado el muestreo, el diseño, el instrumental...

6.6.1.1.a muestra

En los primeros momentos el estudio pretendió alcanzar fines ambiciosos, amplios. Estudiamos la forma de trabajar con poblaciones amplias y estrictamente representativas.

Quisimos trabajar con tres poblaciones: seleccionar una amplia muestra universitaria, descender en nivel de estudios y experimentar también con estudiantes de Bachiller, y finalmente conseguir una buena muestra de personal administrativo de la misma Universidad, de esas personas que tienen que pasar largas y tediosas horas atendiendo a la gente y/o delante de un ordenador.

En un segundo momento desechamos los grupos de administrativos y bachilleres, y nos centramos, adaptándonos a nuestras posibilidades reales, a una posible muestra universitaria.

Finalmente, no nos quedó más remedio que cambiar de táctica: El presupuesto imponía trabajar con voluntarios, y tendrían que ser pocos, de lo contrario, aparte de dispararse el presupuesto, la experiencia podría prolongarse excesivamente en el tiempo y romper ritmos y tiempos en la vida de los universitarios, con lo que nos exponíamos a abandonos y muertes experimentales. Por eso calculamos que la experiencia vendría bien no prolongarla más allá de mes y medio o, a lo más, dos meses. Y el tiempo más apropiado, en primavera, después de Semana Santa, y alejado lo más posible de los exámenes finales de junio.

6.6.2. El diseño

Junto al tema de la muestra, estaba el tema del diseño. Si la muestra iba a ser de voluntarios, y muy restringida, se descartaba un diseño tipo multigrupo. En los descartes que fuimos realizando, se nos impuso un diseño intragrupo. Es así como aterrizamos en un *diseño intragrupo con equiponderación parcial sistemática*, por considerarlo muy preciso y eficiente para alcanzar nuestros objetivos.

El diseño exigía como mínimo 5 sujetos, o tantos múltiplos de 5 como se quisiera. Para asegurar el experimento lanzamos la propuesta, y después de la oportuna selección conseguimos 20 sujetos que cumplieran las exigencias requeridas. Teníamos así, asignando cuatro a cada grupo de tratamiento, un margen razonable para asegurar el estudio, por si fallaba alguno. Y no falló ninguno de los 20 seleccionados, a pesar de las condiciones que impone el diseño y que razonamos previamente con todos ellos.

El diseño en sí es muy potente, y dado el enfoque que se dio finalmente al estudio (comprobar si los aparatos relajan), muy apropiado. Pero la validación de este tipo de instrumentos exige emplear muestras amplias y representativas, y otro tipo de diseños, en la línea de poder comparar varios aparatos a la vez, y siempre con un *Grupo Control*.

Conseguida esa validación, habría que ir a la comprobación de su efectividad como instrumento terapéutico en el área de la salud. No sirve con afirmar que cura esto, y lo de más allá. Hay que aportar datos científicos, fiables y válidos, que lo avalen. Sólo así, y sólo entonces, se disiparán las dudas y reticencias de tantos y tantos profesionales de la salud y del área de la educación y la orientación, que mantienen sus dudas razonables respecto a la efectividad de tales instrumentos.

6.6.3. Instrumentos

Las limitaciones y dificultades en esta área, no han sido muchas, pero si bastante fastidiosas. Dignas de mención son las relacionadas con el *BT*, la *Colchoneta* y el grupo *Jacobson*.

En un principio, por falta total de medios para hacerlo, descartamos medir el *EEG*. Casualmente, por aquellos días en que estábamos elaborando el proyecto, y examinando la literatura relacionada con los aparatos *Megabrain*, encontramos en esa literatura una reseña del *BT*. Se proclamaban excelencias, era ensalzado por los mismos diseñadores y vendedores de los aparatos *Megabrain*, y su precio era asequible. Y gracias al regalo de un amigo conseguimos y lo incorporamos al proyecto como instrumento detector y registrador del *EEG*.

Entrábamos así dentro de la órbita de los mismos aparatos, cuya validación buscábamos, y lo íbamos a hacer con los mismos instrumentos que ellos proclamaban que eran muy apropiados para hacerlo.

Pero el uso del '*BT*' conlleva varias pegas. La primera es que es muy sensible a los '*ruidos*' provenientes de cualquier fuente eléctrica, sonora. Tuvimos que experimentar. Solamente en un lugar del laboratorio conseguimos un espacio neutro, libre de '*ruidos*' de instalaciones y cables. Además, los electrodos tenían que trabajar junto a las fuentes de sonidos y luces. Esto aumentaba el problema de los '*parásitos*'. El tema de los '*parásitos*', señales indeseadas provenientes de los músculos faciales, de las mandíbulas, y mas aun del cuero cabelludo, nos exigió entrenamiento. Resultó realmente difícil, pero lo resolvimos razonablemente bien, a base de cierto ingenio.

En la propaganda del aparato se asegura que sus filtros son potentísimos, pero aun así, el filtraje dista mucho de ser aceptable. Se puede comprobar la persistencia de esos '*ruidos*' en las figuras correspondientes donde las frecuencias más bajas, aparecen con una intensidad y amplitud más de lo conveniente. Esto lo detectamos desde los primeros ensayos. Se nos imponía una decisión: Desechar el *BT*, con lo que la experiencia se nos iba a quedar muy corta, o seguir con el *BT*, a pesar de las dificultades, e introducir el registro del *EEG*, suministrado por dicho instrumento. Esto último es lo que decidimos.

Otra pega, unida a la capacidad del ordenador del cual pudimos finalmente disponer, es que cada registro EEG de 20 minutos ocupa más de 11 megas. Cada sesión había que grabarla en un disco de mega y medio. La experiencia completa exigía cien discos.

Queda otra dificultad, ésta, tal vez, la de más calibre. El software del *BT*, era limitado. No nos servía. Por fin, a última hora conseguimos la última versión del programa. Pero no contaba con base de datos, capaz de cuantificar numéricamente y facilitar tablas y el tratamiento de datos. El diseñador lo estaba ultimando y su precio iba a ser prohibitivo. Dispusimos de un software capaz de realizar los análisis y gráficas de los resultados en figuras dobles y en papel milimetrado, pero sin tablas de números. Esto nos iba a exigir cuantificarlas con el uso de una regla graduada. Es así como se han generado las cuantiosas tablas de datos que integran el '*Apéndice A*'. El trabajo ha sido ingente.

Actualmente ya está en el mercado un nuevo software que incorpora base de datos con capacidad de análisis cuantitativos. Intentamos conseguir una cesión, *para investigación*, y así analizar los datos que ya poseíamos y repetir los análisis y cuantificaciones ya elaboradas de forma artesanal, pero los diseñadores del *BT*, ofrecieron el software, previo pago de mas de 500.000 ptas.

Desciendo a estos detalles, pues a quien quiera investigar con el *BT*, le conviene presupuestar la adquisición de un aparato con un software que contenga una potente base de datos.

6.7. Conclusiones

En este estudio partimos de unos planteamientos, que nos vinieron ofrecidos por la propaganda diseñada por el marketing de los aparatos megabrain. Y más en concreto, se nos ofrecieron los aparatos de Denis E. Gorges, y con esa oferta, se acompañaba un atrayente listado de '*beneficios*', que dichas máquinas eran capaces de provocar, suscitar...

Recogimos el reto y el compromiso de comprobar dichos asertos, si no todos, al menos alguno, y más en concreto, el que puede ser la puerta, o el agente disparador de todos los demás. Si conseguimos verificar que dichos aparatos inducían alivio del estrés y la hacían con rapidez, todo lo demás, tal vez, fuera posible. Este objetivo inspiró el título de nuestro estudio: '*Inducción y verificación del alivio del estrés mediante tecnología neurométrica*'

Se nos imponía intentar contextualizar dichos aparatos. Esa contextualización exigía acercarse a lo que hay detrás de esos aparatos, descubrir el '*background*' teórico, tecnológico, investigativo, sociológico, ambiental, y también de marketing, que les rodea.

Descubrimos pronto que una contextualización mínima y elemental, pedía, además, una revisión de la literatura un tanto atípica y compleja, por la variedad y dispersión de temas y fuentes, y, sobre todo, por la falta casi total de fuentes documentales serias. En torno a este tipo de aparatos circulan folletos, hojas sueltas, y propaganda a todo color y en páginas enteras en cierto tipo de revistas que no se distinguen ni por la cientificidad de sus temas ni por la seriedad de los trabajos que publican.

Tras la contextualización, y adaptándonos a los objetivos, formulamos unas hipótesis que han pretendido ser la respuesta a la historia y al marketing de los aparatos comercializados por Denis E. Gorges. Y nos lanzamos entusiásticamente a su demostración.

Desarrollamos una metodología que consideramos apropiada para demostrar tales hipótesis. Ampliamos el tema e introducimos otras técnicas de contraste y comparación frente a los aparatos megabrain. El estudio quedaba, así, mucho más completo. Aplicamos las estrategias metodológicas y codificamos los datos.

Después de la *Presentación* pormenorizada de los *Resultados* y de los *Análisis* pertinentes, nos encontramos con el último apartado de '*Discusión*'.

En resumen, se trata ya de decir, *conclusivamente*, si la inducción del alivio del estrés ha sido efectiva, y si la verificación de dicha inducción se ha producido, y, además, en qué niveles y con qué alcance se puede contemplar, y qué se concluye de todo este estudio.

1. Hemos conseguido inducir alivio del estrés, logrando reducir y equilibrar significativamente, ciertos *correlatos fisiológicos*, como *tasa cardiaca*, y en cierto modo, *la presión sanguínea*, no hemos logrado inducir, ni verificar, lo que se llama la respuesta de seguimiento a nivel de *EEG*.

A nivel *psicológico*, *STAI-E*, en cambio, tras los tratamientos, hemos verificado, de forma significativa, bajo los tratamientos *Jacobson*, *Colchoneta* y *Synchro Sólo*, e incluso bajo el *Synchro · Música*, que los sujetos se encuentran bien, en calma, y salen de la experiencia con una sensación de bienestar. Es decir, que las situaciones experimentales no les han resultado rechazables, sino todo lo contrario. El dato es muy claro y concluyente.

2. El comportamiento y efectividad de los cuatro tratamientos experimentales en el alivio del estrés, en comparación con los resultados obtenidos con el *Grupo Control*, ha sido dispar:

- Los tratamientos *Synchro*, *Solo* y con *Música*, respectivamente, no son muy efectivos en la inducción del alivio del estrés. La verificación de la inducción, provocada por

estos tratamientos, no ha resultado claramente significativa en ninguno de los correlatos. Un caso aislado lo representa, el acercamiento del *Synchro - Música* y en *tasa cardíaca*, la del *Synchro Sólo*, con el *STAI-E*. El comportamiento de ambos tratamientos respecto a la situación control ha sido muy poco clara, en alguno de los correlatos, como el EEG, muy alejados de la significación

- El tratamiento *Jacobson*, como cabía esperar, induce alivio, y su verificación es fácil y clara con ciertos correlatos (*tasa cardíaca*, *STAI-E*), marca diferencias significativas respecto al *Grupo Control*, en *presión sanguínea*, y por razones obvias, no se ha verificado, al igual que con el correlato *EEG*. La mente tiene que estar ocupada en recibir las instrucciones y ejercitar la tensión-distensión
 - El tratamiento *Colchoneta*, es el que se ha mostrado más efectivo en la inducción del alivio del estrés en todos los correlatos y se verifican diferencias significativas respecto al *Grupo Control* es *tasa cardíaca*, *STAI-E*, y acercamientos muy prometedores en *presión sanguínea* y *EEG*. En el *EEG*, casi ha sido el único de los tratamientos que ha registrado intensidades promediadas de respuesta en microvoltios, superiores a las registradas en situación de control. No han llegado a ser significativas, pero sí muy en la línea de lo pretendido en la experiencia
3. Para un porcentaje, en torno a un 30% de sujetos, la respuesta de relajación puede provocarse, con un cierto entrenamiento, casi a voluntad. Sólo tienen que reunir cuatro elementos básicos:
 - Un *dispositivo mental*. Aplicación de alguna sencilla técnica de relajación verbal o visual
 - Una *actitud pasiva*, procurando dejar la mente quieta, en calma, como en blanco
 - La *reducción del tono muscular*. Adoptar para ello una postura razonablemente cómoda
 - Un *entorno tranquilo* libre de estímulos ambientales
 4. Cierta tipo de música especial, creada con finalidades relajantes, pueden ayudar, sólo o en plan sinérgico, con las otras estrategias en la inducción del alivio del estrés
 5. Los aparatos megabrain deberían aprovechar el impulso de implantación conseguido, ponerse en la línea con la tecnología punta actual, y promover mucha más investigación controlada. Han abierto un camino, conocen las variables que hay que manejar, hay que dar con las verdaderas claves de funcionamiento cerebral que vayan haciendo realidad lo que el marketing comercial les hace ofrecer como panacea para demasiadas 'cosas', como si de ciencia ficción se tratara.
 6. Los profesionales de la salud tendrán que estar atentos al tema, no dejar que se desvirtúe en manos no expertas, y aceptar el reto que se les ofrece de investigar con estas nuevas tecnologías.

Concluye así, felizmente, el trabajo de investigación que con el título de '*Inducción y verificación experimental del alivio del estrés con tecnología neurométrica*', se inició un buen día de forma entusiástica.

V. REFERENCIAS

7. R EFERENCIAS B IBLIOGRÁFICAS:

- Adey, W. Ross (1964). Data acquisition and analysis techniques in a brain research institute. *Annals of the New York Academic Sciences*, 115 (2), 844-866.
- Adey, W. Ross (1975). Discrimination among states of consciousness by EEG measurement. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 22, 22-29.
- Adrian, Edgar D., and Matthews, B. H. C. (1934a). The interpretation of potential waves in the cortex. *Journal of Physiology*, 81, 440-472.
- Adrian, Edgar D., and Matthews, B. H. C. (1934b). Berger rhythm: Potential changes from occipital lobes in man. *Brain*, 57, 355-385.
- Adrian, Edgar D., and Yamagiwa, K. (1935). The origin of the Berger Rhythm. *Brain*, 58, 323-351.
- Ahn, H., et al. (1980). Developmental equations reflect brain dysfunction. *Science*, 210 (4475), 1259-1262.
- Ahn, H., Pritchep, L., and John, E. R. (1982). Electroencephalogram tests for brain dysfunction: A question of validity: Response. *Science*, 217 (4554), 82.
- Ahopolto, J., Karp, P., Katila, T., Lukander, R., and Mäkipää, P. (1975). A UHF SQUID Gradiometer for biomagnetism measurements. *Low Temperature Physics*, 4, 262-265.
- Aittoniemi, K., Katila, T., Kuusela, M., and Varpula, T. (1979). Magnetoretinography: Detection of the transient magnetic field of the eye. *Proceedings of the 12th International Conference on Medical and Biological Engineering*, Jerusalem, Ch.96.4.
- Akil, Huda, Mayer, David J., and Liebeskind, John D. (1976). Antagonism of stimulation produced analgesia by naloxone, a narcotic antagonist. *Science*, 191 (4230), 961-962.
- Álvarez-Buylla, Arturo, Kim, John R., and Nottebohm, Fernando (1990). Birth of projection neurons in adult avian brain may be related to perceptual or motor learning. *Science*, 249 (4975), 1444-1446.
- Anand, B. K., Chhina, G. S., and Singhi, Baldev (1961). Some aspects of electroencephalographic studies in Yogis. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 13, 452-456.
- Anderson, D. J. (1989). The Treatment of Migraine with Variable Frequency Photo-Stimulation. *Headache*, 3, 154-155.
- Andreassi, John L. (1980). *Psychophysiology: Human Behavior and Physiological Response*. New York: Oxford University Press.
- Andrews, J. M. (1964). Neuromuscular re-education of the hemiplegic with the aid of the electromyography. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 45, 530-532.
- Anliker, J. (1977). Biofeedback from the perspectives of Cybernetics and Systems of Science. En J. Beatty and H. Legewie (Eds.), *Biofeedback and Behavior* (pp. 21-45) New York: Plenum Publishing Corporation.
- Atsumi, K., Kotani, M., Ueno, S., Katila, T., and Williamson, S. J. (Eds.). (1988) Biomagnetism '87. *Proceedings of the 6th International Conference of Biomagnetism*, held in Tokyo, Japan, 1987. Tokyo: Denki University Press.
- Atwater, F. H. (1988). *The Monroe Institute's Hemisync Process: A Theoretical Perspective*. Faber, Virginia: Monroe Institute.
- Austin, Robert, and Siever, David (1990). Shedding some light on Photic Driving: Two views of red LEDs vs white lights. *MegaBrain Report*, 1 (2), 6-7.
- Bair, J. H. (1901). Development of voluntary control. *Psychological Review*, 8 (5), 474-510.
- Bardasano, J. L. (Ed.). (1997). *Biomagnetismo y Salud Pública: Efectos, Prevención, Diagnóstico y Tratamiento*. Alcalá de Henares: Instituto 'Alonso de Santa Cruz'.
- Barth, Daniel S. (1984). *Neuromagnetism measurements of the epileptiform activity in animal and man*. Doctoral Dissertation. Los Angeles: University of California.
- Barth, D. S., Sutherling, W., Engel, J., and Beatty, J. (1984). Neuromagnetic evidence of spatially distributed sources underlying epileptiform spikes in the human brain. *Science*, 223 (4633), 293-296.
- Basmajian, John V. (1963). Control and training of individual motor units. *Science*, 141 (3579), 440-441.
- Basmajian, John V. (1967). Effects of distracting movements on the control of individual motor units. *American Journal of Physical Medicine*, 46 (6), 1427-1440.
- Baule, G. M., and McFee, R. (1963). Detection of the magnetic field of the heart. *American Heart Journal*, 66, 95-96.
- Baule, G. M., and McFee, R. (1965). Theory of magnetic detection of the heart's electrical activity. *Journal of Applied Physics*, 36, 2066-2073.
- Beatty, J. (1972). Similar effects of feedback signals and instructional information on EEG activity. *Physiology and Behavior*, 9 (2), 151-154.
- Beatty, J., and Kornfeld, C. (1972). Relative independence of conditioned EEG changes from cardiac and respiratory activity. *Physiology and Behavior*, 9 (9), 733-736.
- Beatty, J., Greenberg, A., Deibler, W. P., and O'Hanlon, J. F. (1974). Operant control of occipital theta rhythm affects performance in a radar monitoring task. *Science*, 183 (4127), 871-873.

- Behaving Brain. The (1989). En WGBH-APA (Series Producers). *Discovering Psychology: Video n° 8. The Behaving Brain*. Boston: CS Associates (WGBH-APA).
- Bennet, E. L., Diamond, M. C., Krech, D., and Rosenzweig, M. R. (1996). Chemical and anatomical plasticity of brain. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 8 (4), 459-470.
- Bennet, E. L., Krech, D., and Rosenzweig, M. R. (1964). Reliability and regional specificity of cerebral effects of environmental complexity and training. *Journal of Comparative Physiological Psychology*, 57 (3), 440-441.
- Benson, Herbert (1974). Decreased alcohol intake associated with the practice. A retrospective investigation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 233, 174-177.
- Benson, Herbert, Herd, Alan J., Morse, W. H., Kelleher, R. T. (1969). Behavioral induction of arterial hypertension and its reversal. *American Journal of Psychology*, 217, 30-40.
- Berger, Hans (1929). Über das elektrenkephalogramm des menschen. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 87, 527-570.
- Berger, Hans (1938). Das Electrenkephalogramm des Menschen. *Acta Nova Leopolda*, 6, 173.
- Bergland, Richard (1985). *The Fabric of the Mind*. New York: Penguin Books
- Binnie, C. D., Estévez, O., Kasteleijn-Nolst Trenite, D. G. A., Peters, A. (1984). Color and Photosensitive Epilepsy. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 58 (5), 387-391.
- Birren, James E., Schaie, K., Warner, Abeles, Ronald P., Gatz, Margaret, and Salthouse, Timothy A (Eds) (1996). *Handdbook of the Psychology of Aging* (4th ed.). San Diego, CA: Academic Press
- Blanchard, E. B., and Epstein, L. H. (1978). *A biofeedback primer*. Reading: Addison-Wesley.
- Blanchard, E. B., and Young, L. D. (1974). Clinical Applications of biofeedback training: A review of evidence. *Archives of General Psychiatry*, 30 (5), 573-589.
- Bloom, Benjamin S. (1956). *Taxonomy of educational objectives. Handbook I: Cognitive domain*. New York: Longman.
- Bloom, Benjamin (1976). *Human characteristics and school learning*. New York, NY: McGraw Hill
- Bloom, Floyd E. (1981). Neuropeptides. *Scientific American*, 245 (10), 148-168
- Bloom, Floyd E. (1983). The endorphins: A growing family of pharmacologically pertinent peptides. *Annual Reviews of Pharmacology and Toxicology*, 23, 151-170.
- Brazier, Mary A. B. (1960). *A history of the electrical activity of the brain. The first half century*. New York: Mcmillan.
- Brazier, Mary A. B. (Ed.). (1961). Computer techniques in EEG analysis. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Supplement, 20, 98.
- Brazier, Mary A. B. (1966). *The interneuron*. Los Angeles: University of California Press
- Brenner, D., Lipton, J., Kaufman, L., and Williamson, S. J. (1978). Somatically evoked magnetic fields of the human brain. *Science*, 199 (4324), 81-83.
- Brenner, D., Okada, Y., Maclin, E., Williamson, S. J., and Kaufman, T. (1981) Evoked magnetic fields reveal different visual areas in human cortex. En S. N. Erné, H. D. Hahlholm, and H. Lübbig (Eds). *Biomagnetism*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Brenner, D., Williamson, S. J., and Kaufman, L. (1975). Visually evoked magnetic fields of the human bram. *Science*, 190 (4213), 400-482.
- Broca, Paul (1861). Remarques sur la siège de la faculté du langage articulé, suivres d'un observation d'aphemie (perte de la parole). *Bulletin de la Societé d'Anthropologie de Paris*, 6, 330-357.
- Brockopp, Gene W. (1984). *Review of research on Multimodal sensory stimulation with clinical implications and research proposals*. Unpublished manuscript.
- Brovar, Alan (1984). Brain electric therapy helpfull to cocaine addicts. *Brain Mind Bulletin*, 98, 14
- Brown, B. B. (1970a). Recognition of aspects of consciousness through association with EEG alpha activity represented by a light signal. *Psychophysiology*, 6 (4), 442-452.
- Brown, B. B. (1970b). Awareness of EEG subjective activity relationships detected within a closed feedback system. *Psychophysiology*, 7 (3), 451-464.
- Brown, B. B. (1977). *Stress and the art of Biofeedback*. New York: Harper and Row.
- Brown, Warren S., Lehman, Dietrich, and Marsh, James T. (1980). Linguistic meaning related differences in evoked potential topography: English, Swiss-German, and imagined. *Brain and Language*, 11 (2), 340-353
- Brown, Warren S., Marsh, James T., and Smith, James C. (1973). Contextual meaning effects on speech-evoked potentials. *Behavioral Biology*, 9 (6), 755-761.
- Brown, Warren S., Marsh, James T., and Smith, James C. (1976). Evoked potential waveform differences produced by the perception of different meaning of an ambiguous phrase. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 41 (2), 113-123.
- Budzynski, Thomas H. (1973). Biofeedback procedures in the clinic. *Seminars in Psychiatry*, 5 (4), 537-547.
- Budzynski, Thomas H. (1977). *Anxiety and physiological stress: A biofeedback approach*. New Jersey: Hoffman-La Roche.

- Budzynski, Thomas H. (1978). Biofeedback applications to stress-related disorders. *International Review of Applied Psychology*, 27 (2), 73-79.
- Budzynski, Thomas H. (1992). *Clinical Guide to Light and Sound. Instrumentation and Therapy*. Seattle, WA: Syntec Systems.
- Budzynski, Thomas H., and Stoyva, Johann M. (1969). An instrument for reducing deep muscle relaxation by means of analog information feedback. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 2 (4), 231-237.
- Budzynski, Thomas H., and Stoyva, Johann M. (1973). An electromyographic feedback technique for teaching voluntary relaxation at the masseter muscle. *Journal of Dental Research*, 52, 116-119.
- Budzynski, T. H., Stoyva, J. M., and Alder, C. S. (1970). Feedback-induced muscle relaxation: Application to tension headache. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 1 (3), 205-211.
- Buell, Stephen J., and Coleman, Paul D. (1979). Dendritic growth in the aged human brain and failure of the growth in senile dementia. *Science News*, November, 16.
- Buell, Stephen J., and Coleman, P. D. (1981). Quantitative evidence for selective dendritic growth in normal human aging but not in senile dementia. *Brain Research*, 214 (1), 23-41.
- Burroughs, William (1974). *The Job*. New York: Grove.
- Cade, C. Maxwell and Coxhead, Nona (1979). *The Awakened Mind: Biofeedback and the Development of Higher States of Awareness*. New York: Delacorte Press.
- Callaway, E. (1975). *Brain electrical potentials and individual psychological differences*. New York: Grune and Stratton.
- Campbell, H. J. (1973). *The pleasure areas*. New York: Delacorte Press.
- Cannon, W. B. (1932). *The Wisdom of the body*. New York: Norton.
- Carrobes, J. A., y Godoy, Juan (1987). *Biofeedback: Aplicaciones y Principios*. Barcelona: Martinez Roca.
- Caton, Richard (1875). The electric current of the brain. *British Medical Journal*, 2, 278-296.
- Cohen, David (1968). Magnetoencephalography: Evidence of magnetic fields produced by Alpha-Rhythm currents. *Science*, 161 (3843), 784-786.
- Cohen, David (1972). Magnetoencephalography: Detection of the brain's electrical activity with a superconducting magnetometer. *Science*, 175, 664-666.
- Cohen, David (1973). Ferronagnetic contaminants in the lungs and other organs of the body. *Science*, 180, 745.
- Cohen, David (1975). Magnetic fields of the human body. *Physics Today*, 28, 34-43.
- Cohen, D., and Givler, E. (1972). Magnetomyography: Magnetic fields around the human body produced by skeletal muscles. *Applied Physics Letters*, 21, 114-116.
- Cohen, D., Edelsak, E. A., and Zimmermann, J. E. (1970). Magnetocardiograms taken inside a shielded room with a superconducting point-contact magnetometer. *Applied Physics Letters*, 16, 278-280.
- Cone, Clarence and Cone, C. M. (1976). Induction of mitosis in mature neurons in central nervous system by sustained depolarization. *Science*, 192, 155-158.
- Cotman, Carl W., and Lynch, Gary S. (1989). The neurobiology of learning and memory. Special Issue: Neurobiology of cognition. *Cognition*, 33 (1-2), 201-241.
- Crick, Francis (1967). *Of molecules and men*. Seattle: University of Washington Press.
- Cuffin, B. N., and Cohen, D. (1977a). Magnetic fields of a dipole in special volume conductor shapes. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, BME-24, 372-281.
- Cuffin, B. N., and Cohen, D. (1977b). Magnetic fields produced by models of biological current sources. *Journal of Applied Physics*, 48, 3971-3980.
- Chalke, F. C. R., and Erl, J. (1965). Evoked potentials and intelligence. *Life Sciences*, 4, 1319-1322.
- Chang, Fen lei F., and Greenough, W. T. (1982). Lateralized effects of monocular training on dendritic branching in adults split-brain rats. *Brain Research*, 232 (2), 283-292.
- Chapman, Robert M., Armington, John C., and Bragdon, Henry R. (1962). A quantitative survey of Kappa and Alfa EEG activity. *Electroencefalography and Clinical Neurophysiology*, 14, 858-868.
- Chopra, Hari Deepak (1990). *Quantum Healing*. New York: Bantam.
- Davidson, R. J., Ekman, P., Saron, C. D., Senulis, J. A., and Friesen, W. V. (1990). Approach-Withdrawal and Cerebral Asymmetry: Emotional Expression and Brain Physiology. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58 (2), 330-341.
- Dawkins, R. (1976). *The Selfish Gene*. Oxford: Oxford University Press.
- Dawson, J. B., et al. (1980). A Theoretical and Experimental Study of Light Absorption and Scattering by in Vivo Skin. *Physics in Medicine and Biology*, 25 (4), 695-709.
- De Robertis, E. D. P. (1958). Submicroscopic morphology of the synapse. *Experimental Cell Research (supplement)*, 5, 347-369.
- De Wied, D., and Van Keep, P. A. (1980). *Hormones and the Brain*. Preston, England: Mather Brothers.
- Delgado, José M. R. (1952a). Permanent implantation of multilead electrodes in the brain. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 24, 351-358.
- Delgado, José M. R. (1952b). Hidden motor cortex of the cat. *American Journal of Physiology*, 170, 673-681.

- Delgado, José M. R. (1960). Emotional behavior in animals and humans. *Psychiatric Research Report*, 12, 129-271.
- Delgado, José M. R. (1961). Chronic implantation of intracerebral electrodes in animals. En D.E. Sheer (Ed.), *Electrical Stimulation of the brain* (pp. 25-36). Austin, Texas: University Texas Press.
- Delgado, José M. R. (1963). Cerebral heterostimulation in a monkey colony. *Science*, 141 (whole n° 3576), 161-163.
- Delgado, José M. R. (1980). *El Control Físico de la Mente. Hacia una sociedad psicocivilizada* (3ª). Madrid: Espasa-Calpe.
- Delgado, José M. R. (1989). *La Felicidad* (5ª). Madrid: Temas de Hoy.
- Delgado, José M. R., and Hamlin, Hannibal (1956). Surface and depth electrography of the frontal lobes in conscious patients. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 8, 371-184.
- Delgado, José M. R., and Hamlin, Hannibal (1960). Spontaneous and evoked electrical seizures in animals and in humans. En Estelle R. Ramey and Desmond S. O'Doherty (Eds.), *Electrical studies on the unanesthetized brain* (pp. 133-158). New York: Paul B. Hoeber.
- Delgado, J. M. R., and Hamlin, H., and Chapman, W. P. (1952) Technique of intracranial electrode placement for recording and stimulation and its possible therapeutic value in psychotic patients. *Conference of Neurology*, 12, 315-319.
- Delgado, J. M. R., Roberts, W. W., and Miller, N. E. (1954). Learning motivated by electrical stimulation of the brain. *American Journal of Physiology*, 179, 587-593.
- Delgado, J. M. R., Mark, V., Sweet, W., Ervin, F., Weiss, G., Bach y Rita, G., and Hagiwara, R. (1968). Intracerebral radio stimulation and recording in completely free patients. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 147 (4), 329-340.
- Detterman, Douglas K., and Sternberg, Robert J. (Eds.). (1982) *How and how much can intelligence be increased?* Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Devoogd, Timothy J., Nixdorf, Barbara, and Nottebohm, Fernando (1985). Synaptogenesis and changes in synaptic morphology related to acquisition of a new behavior. *Brain Research*, 329 (1-2), 304-308.
- Diamond, Marian C. (1993). An optimistic view of the aging brain. *Generations*, 17 (1), 31-33.
- Diamond, Marian C. (1984). Brain research enjoying an explosion of interest. *Los Angeles Times*, January 25.
- Diamond, Marian C. (1988). *Enriching Heredity: The Impact of the Environment on the Anatomy of the Brain*. New York: Free Press.
- Diamond, M. C., Lindner, B., Johnson, R., Bennet, E. L., and Rosenzweig, M. R. (1981). Differences in Occipital Cortical Synapsis from Environmentally Enriched, Impoverished, and Standard Colony Rats. *Journal of Neuroscience Research*, 1, 109-119.
- DiCara, Leo V. (1970). Learning in the Autonomic Nervous System. *Scientific American*, 222 (1), 30-39.
- DiCara, Leo V. (1971). Learning of cardiovascular responses: A review and description of physiological and biochemical consequences. *Transactions of the New York Academic of Science*, 33, 69-77.
- DiCara, L. V., and Miller, N. E. (1967). Instrumental learning of urine formation by curarized rats. *Psychonomic Bulletin*, 1 (2), 23-24.
- DiCara, L. V., and Miller, N. E. (1968a). Changes in heart rate instrumentally learned by curarized rats as avoidance responses. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 65 (1), 8-12.
- DiCara, L. V., and Miller, N. E. (1968b). Instrumental learning of systolic blood pressure responses by curarized rats: Dissociation of cardiac and vascular changes. *Psychosomatic Medicine*, 30 (5), 489-494.
- DiCara, L. V., and Miller, N. E. (1969a). Transfer of instrumentally learning heart-rate changes from curarized to non-curarized state: Implications for mediational hypothesis. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 68 (2), 159-162.
- DiCara, L. V., and Miller, N. E. (1969b). Heart-rate learning in the non-curarized states, transfer to curarized state, and subsequent retraining in the noncurarized state. *Physiology and Behavior*, 4 (4), 621-624.
- Dollard, J., and Miller, N. E. (1950). *Personality and Psychotherapy*. New York: McGraw Hill.
- Donchin, E. (1961). Data analysis techniques in average evoked potential research. En E. Donchin, and D. B. Lindsley (Eds.), *Average evoked potentials: Methods, results, and evaluations*. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration. NASA SP-191.
- Donker, D. N., Nij, L., Storm van Leeuwen, W., and Wienke, G. (1978). Interhemispheric Relationships of Responses to Sine Wave Modulated Light in Normal Subject and Patients. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 44, 479-489.
- DuBois-Reymond, E. (1848-1849). *Untersuchungen über thierische elektricität* (vols. I-II). Berlin: Reimer.
- Eccles, John C. (1953). *The Neurophysiological Basis of the Mind*. Oxford: Clarendon Press.
- Eccles, John C. (1964). *The Physiology of Synapses*. New York: Academic Press.
- Eccles, John C. (1965). The Synapse. *Scientific American*, 212 (1), 56-66.
- Eccles, John C. (1973). *The Understanding of the brain*. New York: McGraw-Hill.

- Elazar, Z., and Adey, W. R. (1967). Spectral analysis of low frequency components in the electrical activity of the hippocampus during learning. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 23 (3), 225-240.
- Elberling, C., Bak, C., Kofoed, B., Lebech, J., and Sæmmark, K. (1982). Auditory magnetic fields. Source location and 'tonotopical organization' in the right hemisphere of the human brain. *Scandinavian Audiology*, 11, 61-65.
- Elberling, C., Bak, C., Kofoed, B., Lebech, J., and Sæmmark, K. (1980). Auditory magnetic fields from the human brain. *Scandinavian Audiology*, 9, 185-190.
- Elberling, C., Bak, C., Kofoed, B., Lebech, J., and Sæmmark, K. (1981). Auditory magnetic fields from the human cortex: Influence of stimulus intensity. *Scandinavian Audiology*, 10, 203-207.
- Elul, R. (1972). Randomness and Synchrony in the generation of the electroencephalogram. En H. Petsche and M. A. B. Brazier (Eds.), *Synchronization of EEG activity in epilepsy* (pp. 59-77). New York: Springer-Verlag.
- Engel, B. T., and Gottlieb, S. (1970). Differential operant conditioning of heart in the retrained monkey. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 73 (2), 217-225.
- Erné, S. N., Hahlbohm, H. D., Scheer, H., and Trontelj, Z. (Eds.). (1981). Biomagnetism. *Proceedings of the 3rd International Conference on Biomagnetism*, held in West Berlin, 1980. New York-Berlin: Walter de Gruyter.
- Ertl, John P. (1971). Fourier analysis of evoked potentials and human intelligence. *Nature*, 230 (5295), 525-526.
- Ertl, J. P., and Schaffer, E. W. (1969). Brain response correlates of psychometric intelligence. *Nature*, 223, 421-422.
- Eterovic, Vesna A., and Ferchmin, Pedro A. (1974). Interaction of environment and injection on brain weight in rats. *Developmental Psychobiology*, 7 (6), 515-517.
- Farrel, D. E., Tripp, J. H., Norgren, R., and Teyler, T. J. (1980). A study of the auditory evoked magnetic field of the human brain. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 49, 31-37.
- Felmi, Lester (1970). Feedback and States of Consciousness Meditation. En B. B. Brown (Ed.), *Proceedings of Biofeedback Research Society* (pp. 1-22). Los Angeles, CA: BFRS.
- Felmi, Lester (1972). Feedback and Altered States of Consciousness. En B. B. Brown (Ed.), *Proceedings of Biofeedback Research Society* (pp. 1-54). Los Angeles, CA: BFRS.
- Felmi, Lester (1978). EEG Biofeedback, Multi-Channel Synchrony Training and Attention. En A. Sugarman (Ed.), *Expanding Dimensions of Consciousness* (pp. 155-182). New York: Springer Press.
- Fender, Derek H. (1987). Source localization of brain electrical activity. En A. S. Gevins, and A. Remond (Eds.), *Methods of analysis of brain electrical and magnetic signals*. Amsterdam: Elsevier.
- Ferchmin, Pedro A. and Eterovic, Vesna A. (1974). Four Hours of Enriched Experience are Sufficient to Increase Cortical Weight of Rats. *Society for Neuroscience Abstracts*, 6, 857.
- Ferchmin, Pedro A. and Eterovic, Vesna A. (1976). Forty minutes of experience increase the weight and RNA of cerebral cortex in periadolescent rats. Unpublish Manuscript.
- Ferchmin, Pedro A. and Eterovic, Vesna A. (1977). Brain plasticity and environmental complexity: Role of motor skills. *Physiology and Behavior*, 18 (3), 455-461.
- Ferchmin, P.A. and Eterovic, V.A., and Lewin, L. E. (1980). Genetic learning deficiency does not hinder environment-dependent brain growth. *Physiology and Behavior*, 24 (1), 45-50.
- Flood, Dorothy G., Buell, Stephen J., Horwitz, Gary J., and Coleman, Paul D. (1987). Dendritic extent in human dentate gyrus granule cells in normal aging and senile dementia. *Brain Research*, 402 (2), 205-216.
- Flood, J. F., Bennet, E. L., Orme, A. E., and Rosenzweig, M. R. (1975). Relation of memory formation to controlled amounts of brain protein synthesis. *Physiology and Behavior*, 15 (1), 97-102.
- Foster, D. S. (1990). *EEG and subjective correlates of alpha frequency binaural beats stimulation combined with alpha biofeedback*. Tesis Doctoral. Ann Arbor, MI: University Microfilms, order n° 9025506.
- Frederickson, R. C., and Geary, L. E. (1982). Endogenous opioid peptides: A Review. *Progress in Neurobiology*, 19, 19-69.
- Friedman, David, and Bruder, Gerard E. (Eds.). (1992). *Psychophysiology and experimental psychopathology: A tribute to Samuel Sutton*. New York: New York Academic of Sciences.
- Fritsch, G., und Hitzig, E. (1870). Über der Electriche Errebarkeit des Grosshirns. *Archiv für Anatomie und Physiologie*, 300-332.
- Gaarder, Kenneth R., and Montgomery, Penelope S. (1977). *Clinical biofeedback: A procedural manual*. Baltimore: The Williams and Wilkins.
- Galvani, Luigi (1797). *Memorie sulla elettricità*. Bologna: Sussi.
- Garfein, Adam J., Schaie, K. Warner, and Willis, Sherry L. (1988). Microcomputer proficiency in later-middle-aged and older adults. Teaching old dogs new tricks. *Social Behaviour*, 3 (2), 131-148.
- Gavalas, R., and Day-Magdaleno, S. R. (1976). Extremely low frequency, weak electric fields affect schedule controlled behaviour of monkeys. *Nature*, 261 (5557), 256-259.
- Gengerelli, J. A., Holter, N. J., and Glasscock, W. R. (1961). Magnetic fields accompanying transmission of nerve impulses in the frog's sciatic. *Journal of Psychology*, 52, 317-326.

- Gengerelli, J. A., Holter, N. J., and Glasscock, W. R. (1964). Further observations on the magnetic fields accompanying nerve transmission and tetanus. *Journal of Psychology*, 57 (1), 202-326.
- Glanzer, Murray, Chapman, Robert M., Clark, William H., and Bragdon, Henry R. (1964). Changes in two EEG rhythms during mental activity. *Journal of Experimental Psychology*, 68 (3), 273-283.
- Glicksohn, J. (1986). Photic driving and altered states of consciousness: An exploratory study. *Imagination, Cognition and Personality*, 6 (2), 167-182.
- Globus, A., Rosenzweig, M. R., Bennet, E. L., and Diamond, M. C. (1973). Effects of Differential Experience on Dendritic Spine Counts. *Journal of Physiological and Comparative Psychology*, 82 (2), 175-181.
- Gloor, P. (1955). Autonomic functions of the diencephalon: A summary of the experimental work of Prof. W. R. Hess. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 71, 773-790.
- Goeckner, Daniel J., Greenough, W. T., and Maier, Steven F. (1973). Deficits in learning tasks following chronic overcrowding in rats. *Journal of Personality and Social Psychology*, 28 (2), 256-261.
- Goeckner, Daniel J., Greenough, W. T., and Maier, Steven F. (1974). Escape learning deficit after overcrowded rearing in rats: Test of a helplessness hypothesis. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 3 (1B), 54-56.
- Goldstein, A., Lowney, L. I., and Pal, B. K. (1971). Interaction of morphine in mouse brain. *Proceedings of the National Academy of Science*, 68, 1742-1949.
- Goleman, Daniel (1984). The Aging Mind Proves Capable of Lifelong Growth. *New York Times*, February 21, 79.
- Goleman, Daniel (1995). *Emotional Intelligence*. New York, NY: Bantam Books.
- Golgi, Camillo (1883). Recherches sur l'histologie des centres nerveux. *Archives of Italian Biology*, 3, 285-317.
- Green, Elmer E., and Green, Alyce M. (1977). *Beyond Biofeedback*. New York: Delacorte Press.
- Green, Elmer E., Green, Alyce M., and Walters, E. D. (1970). Voluntary control of internal states: Psychological and Physiological. *Journal of Transpersonal Psychology*, 9 (1), 1-26.
- Green, Elmer E., Green, Alyce M., and Walters, E. D. (1971a). *Psychophysiological Training for Creativity* (mimeo). Topeka, Kansas: Menninger Clinic.
- Green, Elmer E., Green, Alyce M., and Walters, E. D. (1971b). *Biofeedback for mind-body self regulation. Healing and creativity* (mimeo). Topeka, Kansas: Menninger Clinic.
- Green, Elmer E., Walters, E. Dale, Green, Alyce M., and Murphy, G. (1969). Feedback technique for deep relaxation. *Psychophysiology*, 6 (3), 371-377.
- Greenough, W. T., Juraska, Janice M., and Volkman, Fred R. (1979). Maze training effects on dendritic branching in occipital cortex of adult rats. *Behavioral and Neural Biology*, 26 (3), 287-297.
- Greenough, W.T., Yuwiler, Arthur, and Dollinger, Mark (1973). Effects of postnatal escrine administration on learning in 'enriched' and 'impoverished' reared rats. *Behavioral and Neural Biology*, 8 (2), 261-272.
- Gribbin, Kathy, Schaie, K. Warner, and Parham, Iris A. (1980). Complexity of life style and maintenance of intellectual abilities. *Journal of Social Issues*, 36 (2), 47-61.
- Guillemin, Roger (1978). Peptides in the brain: The new Endocrinology of the Neuron. *Science*, 202, 390-402.
- Guillemin, R., Burgus, R., and Vale, W. (1971). The hypothalamic hypophysiotropic Thyrotropin-Releasing Factor. *Vitamins and Hormones*, 29, 1.
- Hahlbohm, H. D., and Lübbig, H. (Eds.). (1985). *SQUID'85: Superconducting Quantum Interference Devices and their Applications*. Berlin-New York: Walter de Gruyter.
- Hall, Stephen S. (1985). The Brain Branches out. *Science*, 85, June, 13.
- Hanley, J., Walter, D. O., Rhodes, J. M., and Adey, W. R. (1968). Chimpanzee performance: Computer analysis of electroencephalogram. *Nature*, 220 (5170), 879-881.
- Hari, R., Aittoniemi, K., Järvinen, M. L., Katila, T., and Varpula, T. (1980). Auditory evoked transient and sustained magnetic fields of the human brain. *Experimental Brain Research*, 40, 237-240.
- Hari, R., Hämäläinen, M., Ilmoniemi, R., Kaukoranta, E., and Reinikainen, K. (1983). Magnetoencephalographic localization of cortical activity evoked by somatosensory and noxious stimulation. In *Proceedings of the ENA Satellite Symposium on New Approaches to Pain Measurement in Man* (Hamburg). Amsterdam: Elsevier.
- Harner, Michael (1981). *The way of the Shaman*. New York: Harper and Row.
- Harris, J. W., Farrel, D. E., Messer, M. J., Tripp, J. H., Brittenham, G. M., Danish, E. H., and Muir, W. A. (1978). Assessment of human iron stores by magnetic susceptibility measurements (in vivo and in vitro studies). *Clinical Respiratory Physiology*, 26, 504 D.
- Harrison, V. F., and Mortensen, A. O. (1962). Identification and voluntary control of single motor unit activity in the tibialis anterior muscle. *Anatomical Record*, 114, 109-116.
- Harth, Erich (1982). *Windows on the Mind: Reflections on the Physical Basis of Consciousness*. New York: Morrow.
- Heath, Robert G. (1954). *Studies in schizophrenia. A multidisciplinary approach to mind-brain relationships*. Cambridge: Harvard University Press.

- Heath, Robert G. (1963). Electrical self-stimulation of the brain in man. *American Journal of Psychiatry*, 120 (6), 571-577.
- Heath, R. G., Monroe, R. R., and Mickle, W. (1955). Stimulation of the amigdaloid nucleus in a schizophrenic patient. *American Journal of Psychiatry*, 111, 862-863.
- Hefferline, Ralph F. (1958). The role proprioception in the control of behavior. *Transactions of the New York Academy of Science*, 20, 739-764.
- Henriques, Jeffrey B., and Davidson, Richard J. (1990). Regional brain electrical asymmetries discriminate between previously depressed and healthy control subjects. *Journal of Abnormal Psychology*, 99 (1), 22-31.
- Hess, W. R. (1932). *Beiträge zur Physiologie d. Hirnstammes: I. Die Methodik der lokalisierten reizung, und ausschaltung subkorticaler hirnausschnitte*. Leipzig: Georg Thieme.
- Hess, W. R. (1948). *Vegetative Funktionen und Zwischenhirn*. Basel: Benno Schwabe.
- Hess, W. R. (1949). *Das Zwischenhirn. Syndrome, Lokalisationen, Funktionen* (El Diencefalo: Síndrome, Localización, Función). Basel: Benno Schwabe.
- Hess, W. R. (1956). *Hypothalamus und Thalamus. Experimentale Dokumente*. Stuttgart: Georg Thieme.
- Hess, W. R. (1957). *The functional organization of the diencephalon*. New York: Grune and Stratton.
- Hess, W. R. (1968). *Psychology in its biological aspect* (2nd ed.). Stuttgart: Georg Thieme.
- Hoovey, Z. B., Heinemann, U., and Creutzfeldt, O. D. (1972). Inter-hemispheric 'synchrony' of alpha waves. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 32 (4), 337-347.
- Hopson, Janet (1984). A love affair with the brain: A conversation with Marian Diamond. En Paul Chance, and George Harris (Eds.), *The Best of Psychology Today* (pp. 48-53). New York: McGraw-Hill.
- Horn, John L. (1968). Organization of abilities and the development of intelligence. *Psychological Review*, 75 (3), 242-259.
- Horn, John L., and Cattell, Raymond B. (1967). Age differences in fluid and crystallized intelligence. *Acta Psychologica*, 26 (2), 107-129.
- Horn, John L., and Hofer, Scott M. (1992). Major abilities and development in the adult period. En Robert J. Sternberg, and Cynthia A. Berg (Eds.), *Intellectual development* (pp. 44-49). New York, NY: Cambridge University Press.
- Horn, John L., and Noll, Jennie (1997). Human cognitive capabilities: Gf-Gc theory. En Dawn P. Flanagan, and Judy L. Genshaft (Eds.), *Contemporary assessment: Theories, tests, and issues* (pp. 53-91). New York, NY: Guilford Press.
- Hosobuchi, Y., Adams, John E., and Linchitz, Rita (1976). Pain relief by electrical stimulation of the central gray matter in humans and its reversal by naloxone. *Science*, 197 (4299), 183-186.
- Hosobuchi, J., Rossier, J., Bloom, F., and Guillemin, R. (1979). Beta-Endorphin in ventricular fluid. *Science*, 203, 279-281.
- Hubel, David H. (1963). The visual cortex of the brain. *Scientific American*, 209 (5), 54-62.
- Hubel, David H. (1979). El Cerebro. *Investigación y Ciencia*, 38 (11), 8-19.
- Hughes, J. (1975). Isolation of an endogenous compound from the brain with the pharmacological properties similar to morphine. *Brain Research*, 88 (2), 295-308.
- Hughes, J. R., Randall, J., Cohen, J., Mayman, C. I., Scholl, M. L., and Hendrix, D. E. (1976). Relationship of the magnetoencephalogram to abnormal activity in the electroencephalogram. *Journal of Neurophysiology*, 40 (3), 261-278.
- Hutchison, Michael (1990a). A long and twisted tale: Denis Gorges and the Synchro Energizer. *MegaBrain Report*, 1 (2), 40-50.
- Hutchison, Michael (1990b). Time Flashes: A short History of sound and light Technology. *MegaBrain Report*, 1 (2), 2-5.
- Hutchison, Michael (1991). *MegaBrain: New Tools and Techniques for Brain Growth and Mind Expansion* (2nd). New York: Ballantine.
- Hutchison, Michael (1992). *A Short History of Light Sound Technology*. Sausalito, CA: MegaBrain Report.
- Hutchison, Michael (1994). *MegaBrain Powers*. New York: Hyperion.
- Hutchison, Michael and Patten, Terry (1990). Technological Revolutionaries: A Manufacturers' Roundtable. *MegaBrain Report*, 1 (2), 20-30.
- Jacobson, E. (1925). Voluntary relaxation of the esophagus. *American Journal of Physiology*, 72, 387-394.
- Jacobson, E. (1938). *Progressive Relaxation* (2nd ed.). Chicago: University of Chicago Press.
- Jacobson, E. (1939). Variation of blood pressure with skeletal muscle tension and relaxation. *Annals of International Medicine*, 12, 1194-1212.
- Jacobson, E. (1940). Variation of blood pressure with skeletal muscle tension and relaxation: II The heart beat. *Annals of International Medicine*, 13, 1619-1625.
- Jacobson, E. (1955). Neuromuscular control in man: Methods of self-direction in health and disease. *American Journal of Physiology*, 68, 549-561.
- Jacobson, E. (1970). *Modern treatment of tense patients*. Springfield: Charles C. Thomas.

- Jarvis, Erich D., Mello, Claudio V., and Nottebohm, Fernando (1995). Associative learning and stimulus novelty influence the song-induced expression of an immediate early gene in the canary forebrain. *Learning and Memory*, 2 (2), 62-80.
- Jasper, Herbert H. (1958a). Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography. *Journal of Encephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 370-375.
- Jasper, Herbert H. (1958b). The ten-twenty electrodes system of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 10, 367.
- John, E. Roy (1976). Neurometric analysis of brain function. *Triangle Sandoz Journal of Medical Science*, 15 (4), 77-89.
- John, E. Roy (1989). El análisis neurométrico. En WGBH-APA (Series Eds.), *Discovering Psychology: video nº 8, The Behaving Brain*. Boston: CS. Associates with WGBH-APA.
- John, E. R., et al. (1977). Neurometrics, numerical taxonomy identifies different profiles of brain functions within groups of behaviorally similar people. *Science*, 196 (4297), 1393-1410.
- John, E. R., et al. (1980). Developmental equations for electroencephalogram. *Science*, 210 (4475), 1255-1258.
- John, E. R., and Thatcher, R.W. (1976). *Functional Neurosciences*. Hillsdale, NY: Lawrence Erlbaum Associates.
- John, E. R., Pritchep, L. S., Fridman, J., and Easton, P. (1988). Neurometrics: Computer-assisted differential diagnosis of brain dysfunction. *Science*, 239 (4836), 162-169.
- Kado, R. T., and Adey, W. R. (1968). Electrode problems in central nervous monitoring in performing subjects. *Annals of the New York Academic of Sciences*, 148 (1), 263-278.
- Kamiya, Joseph (1962). Conditional discrimination of the EEG alpha rhythm in humans. Paper presented at *The Western Psychological Association*, San Francisco.
- Kamiya, Joseph (1967). Operant conditioning and the study of states of consciousness. En D. X. Freedman (Ed.), *Laboratory studies of altered psychological states*. Washington, DC: Symposium of American Psychological Association.
- Kamiya, Joseph (1968). Conscious control of brain waves. *Psychology Today*, 1 (11), 57-60.
- Kamiya, Joseph (1969). Operant control of the EEG alpha rhythm and some of its reported effects on consciousness. En Charles T. Tart (Ed.), *Altered states of consciousness* (pp. 507-515). New York: John Wiley and Sons.
- Kamiya, Joseph (1974). Autoregulation of the EEG alpha rhythm: A program of study of consciousness. En Michael Chase (Ed.), *Operant control of brain activity*, 2, UCLA.
- Kamp, A. C., Sem-Jacobsen, C. W., Storm van Leeuwen W., and van der Tweel, L. H. (1960). Cortical responses to modulated light in the human subject. *Acta Physiologica Scandinavica*, 48, 1-12.
- Karp, P., Katila, T., Mäkipää, P., and Saar, P. (1976). Magneto-Oculography. Detection of the DC-Magnetic field of the Eye. *Digests of the 11th International Conference on Medical and Biological Engineering* (pp. 504-505). Ottawa.
- Kasamatsu, A., and Hirai, T. (1966). An electroencephalographic study of the Zen meditation (zazen). *Journal of the American Institute of Hypnosis*, 14 (3), 107-114.
- Kasamatsu, A., Okuma, T., Yakenadas, S., Koga, E., Ikeda, K., and Sugiyama, H. (1957). The EEG of Zen and Yoga practitioners. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, Supplement*, 9, 51-52.
- Katila, T. (1981). Instrumentation for biomedical applications. En S. N. Erne, H. D. Hahlbohm and H. Lübbig (Eds.), *Biomagnetism*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Kaufman, Alan S., and Horn, John L. (1996). Age changes on tests of fluid and crystallized ability for women and men on the Kaufman Adolescent and Adult Intelligence Test (KIAT) at ages 17-94 years. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 11 (2), 97-121.
- Kholodov, Yu. A., Koizlov, A. N., and Gorbach, A. M. (1990). *Magnetic fields of biological objects*. Moscow: Nauka Publishers.
- Kimble, G. A. (1961). *Hilgard and Marquis' conditioning and learning*. New Jersey: Prentice Hall.
- Kimmel, H. D. (1967). Instrumental conditioning of autonomically mediated behavior. *Psychological Bulletin*, 67 (5), 337-345.
- Kimmel, E., and Kimmel, H. D. (1963). A replication of operant conditioning of the GSR. *Journal of Experimental Psychology*, 65 (2), 212-213.
- Kimmel, H. D., Hill, F. A. (1960). Operant conditioning of the GSR. *Psychological Reports*, 7, 555-562.
- King, J. T. (1920). An instance of voluntary acceleration of the pulse. *Johns Hopkins Bulletin*, 303-305.
- Kirk, Samuel A. (1952). Experiments in the early training of the mentally retarded. *American Journal of Mental Deficiency*, 56, 692-700.
- Kirk, Samuel A. (1982a). Evolution and present status of early education of the handicapped. *Exceptional Child*, 29 (2), 71-78.
- Kirk, Samuel A. (1982b). People can outgrowth low IQ. *Brain Mind Bulletin*, 7, 15.

- Knuutila, J., Ahonem, A. I., Hämäläinen, M. S., Ilmoniemi, R. J., and Kajola, M. J. (1985). Design considerations for multichannel SQUID magnetometers. En H. D. Hahlbohm, and H. Lübbig (Eds.), *SQUID '85: Superconducting Quantum Interference Devices and their Applications*. Berlin-New York: Walter de Gruyter.
- Koffka, K. (1935). *Principles of Gestalt Psychology*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Köhler, Wolfgang (1929). *Gestalt Psychology* (2nd). New York: Liveright.
- Kornhuber, H. H., and Deecke, L. (1965). Cerebral potential changes in voluntary and passive movements in man: Readiness potential and reafferent potential. *Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen der Tiere*, 284, 1-17.
- Krathwohl, D. R., Bloom, B. S., and Bretram, B. M. (1964). *Taxonomy of educational objectives. Handbook II: Affective domain*. New York: David Mc Kay.
- Krech, David (1932) The Genesis of 'Hypothesis' in rats. *University of California. Publications in Psychology*, 6, 45-64.
- Krech, D., Rosenzweig, M. R., and Bennet, E. L. (1960). Effects of environmental complexity and training on brain chemistry. *Journal of Comparative Physiological Psychology*, 53, 509-519.
- Krech, D., Rosenzweig, M. R., and Bennet, E. L. (1962). Relations between brain chemistry and problem-solving among rats raised in 'enriched' and 'impoverished' environments. *Journal of Comparative Physiological Psychology*, 55 (5), 801-807.
- Krech, D., Rosenzweig, M. R., and Bennet, E. L. (1966). Environmental impoverishment, social isolation and changes in brain Chemistry and Anatomy. *Physiology and Behavior*, 1 (2), 99-104.
- Krusenman, N., et al. (1982). CRF in the human gastrointestinal tract. *Lancet*, 2, 1245.
- Kutas, Maria and Hillyard, Steven A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207 (4427), 203-205.
- Lachman, Janet L., and Lachman, Roy, and Thronsebery, Carroll (1979). Metamemory through the adult life span. *Developmental Psychology*, 15 (5), 543-550.
- Larson, John and Lynch, Gary S. (1986). Induction of synaptic potentiation in hippocampus by patterned stimulation involves two events. *Science*, 232 (4753), 985-988.
- Lashley, Karl S. (1924). Studies of cerebral function on learning. V: The retention of motor habits after destruction of so-called motor areas in primates. *Archives of Neurological Psychiatry*, 12, 249-276.
- Lashley, Karl S. (1929). *Brain Mechanism and Intelligence*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lashley, Karl S. (1930). Basic neural mechanisms in behavior. *Psychological Review*, 37, 1-24.
- Lashley, Karl S. (1931). Mass action in cerebral function. *Science*, 73, 245-254.
- Lashley, Karl S. (1935). Studies of cerebral function in learning. XI: The behavior of the rat in latch box situations. *Comparative Psychology*, 11 (2), 1-42.
- Lashley, Karl S. (1949). Persistent problems in the evolution of the mind. *Quarterly Review of Biology*, 24, 28-42.
- Lashley, Karl S. (1950). In search of Engram. En *Symposia of the Society for Experimental Biology: Symposia n° 4: Physiological mechanisms in animal behavior* (pp. 454-482). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Lashley, Karl S. (1963). *Brain mechanism and intelligence*. New York: Dover Publications.
- Leonard, George (1968). *The silence Pulse*. New York: E.P.Dutton
- Lepeschkin, E. (1976). Progress in magnetocardiography. *Journal of Electrocardiology*, 9, 295-296.
- Lepeschkin, E. (1979). Progress in magnetocardiography II. *Journal of Electrocardiology*, 12, 1-2.
- Levi-Montalcini, Rita (1988). *The Praise of Imperfection*. New York: Basic Books.
- Levi-Montalcini, R. and Angeletti, P. U. (1972). Nerve Growth Factor: Evaluation and perspectives. En E. Zaimis (Ed.), *Nerve Growth Factor*. London: Athlone.
- Lewin, Roger (1976). The brain's own opiate. *New Scientist*, January 14.
- Lewis, Mitch (1984). Sports injuries: A case study. *International Electromedicine Institute Newsletter*, 1, 2.
- Li, C. H., et al., (1965). Isolation of lipotropin from sheep pituitary glands. *Nature*, 208, 1093-1094.
- Liberman, Jacob (1991). *Light: Medicine of the future*. Santa Fe, CA: Bear and Co.
- Lisina, M. I. (1965). The role of orientation in the transformation of involuntary reactions. En L. Veronin, A. N. Leontiev, A. R. Luria, E. N. Sokolov, and O. S. Vinogradova (Eds.), *Orienting reflex and exploratory behavior*. Washington, DC: American Institute of Biological Sciences.
- Lubar, Joel F. (1977). Electroencephalographic biofeedback methodology and the management of epilepsy. *Pavlovian Journal of Biological Science*, 12 (3), 147-185.
- Lubar, Joel F. (1982). EEG operant conditioning in severe epileptics: Controlled multidimensional studies. En L. White y B. Tursky (Eds.), *Clinical Biofeedback: Efficacy and Mechanisms*. New York: Guilford Press.
- Lucion, A. B., et al. (1982). Intracerebroventricular administration of nanogram amounts of endorphin or enkephalin cause retrograde amnesia. *Behavioral Brain Research*, 4, 111-115.
- Luthe, W. (1969). Autogenic training: Methods, Research, and Application in Medicine. En Charles T. Tart (Ed.), *Altered states of consciousness*. New York: John Wiley and Sons.

- Lynch, Gary (1984). Gary Lynch: A magical memory tour. *Psychology Today*, April 23
- Maclin, E., Okada, Y., Kauffman, L., and Williamson, S. J. (1983). Retinotopic map of the visual cortex for eccentrically placed patterns: First noninvasive measurement. *Il Nuovo Cimento*, 2D, 410-449
- Madden, R., and Kirsch, D. (1987). Low-intensity Electrostimulation improves human learning of a psychomotor task. *American Journal of Electromedicine*, 2, 2-3.
- Mann, James (1995). *Awakening Mind I: Programming Advanced Light and Sound Sessions (3rd)*. Farmerville, Louisiana: Enlightened Enterprises.
- Marinacci, A. A., and Horande, M. (1960). Electromyogram in neuromuscular re-education. *Bulletin of the Los Angeles Neurological Society*, 25, 57-61.
- Marsh, James T., Brown, Warren S., and Smith, James C. (1975). Far-field recorded frequency-following responses: Correlates of low pitch auditory perceptual in humans. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 38 (2), 113-119.
- Marx, M. H. (Ed.). (1969). *Learning: Processes*. New York: Mac Millan.
- Mas, F., Pritchep, L. S., Cancro, R., John, E. R., et al. (1991). Neurometric-quantitative EEG as a diagnostic adjunct in clinical psychiatry. *European Psychiatry*, 6 (3), 131-139.
- McClure, C. M. (1959). Cardiac arrest through volition. *California Medicine*, 90, 440.
- McVicar, Brian (1984). An Active voice for glia. *Science News*, November, 3.
- Medawar, P. B. (1982). *Pluto's Republic*. Oxford: Oxford University Press.
- Mello, Claudio, Nottebohm, Fernando, and Clayton, David (1995). Repeated exposure to one song leads to a rapid and persistent decline in an immediate early gene's response to that song in zebra finch telencephalon. *Journal of Neuroscience*, 15 (10), 6919-6925.
- Miller, Neal E. (1961a). Integration of neurophysiological and behavioral research. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 92, 830-839.
- Miller, Neal E. (1961b). Learning and performance motivated by direct stimulation of the brain. En D. Sheen (Ed.), *Electrical stimulation of the brain* (pp. 387-396). Austin: University of Texas Press.
- Miller, Neal E. (1963). Some reflections on the law of effects produce a new alternative to drive reduction. En M. R. Jones (Ed.), *Nebraska Symposium in Motivation* (pp. 65-112). Lincoln, Nebr. University of Nebraska Press.
- Miller, N. E., and Banuazizi, Ali (1968). An instrumental learning by curarized rats of a specific visceral response, intestinal or cardiac. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 65 (1), 1-7.
- Miller, N. E., and Carmona, A. (1967). Modification of a visceral response: Salivation in thirsty dogs by instrumental training with water reward. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 63 (1), 1-6.
- Miller, N. E., and DiCara, L. V. (1967a). Instrumental learning of heart rate changes in curarized rats: Shaping and specificity to discriminative stimulus. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 63 (1), 12-19.
- Miller, N. E., and DiCara, L. V. (1967b). Instrumental learning of the urine formation by rats: Changes in renal blood flow. *American Journal of Physiology*, 215, 667-683.
- Miller, N. E., and Dollard, J. (1941). *Social Learning and Imitation*. New Haven: Yale University Press.
- Morgan, W. P., and Pollock, M. L. (1977). Psychological characterization of the elite distance runner. *Annals of the New York Academy of Science*, 301, 382-403.
- Moruzzi, G., and Magoun, H. W. (1949). Brain stem Reticular Formation and activation of the EEG. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1, 455-473.
- Mowrer, O. H., and Mowrer, W. M. (1938). Enuresis, a method for its study and treatment. *American Journal of Orthopsychiatry*, 8, 436-459.
- Mulholland, T. B. (1967). The concept of attention and EEG alpha rhythm. Paper presented at *National Physical Laboratory on the Concept of Attention in Neurophysiology*. Teddington: England.
- Mulholland, T. B. (1977). Biofeedback as scientific method. En G. E. Schwartz and J. Beatty (Eds.), *Biofeedback Therapy and Research* (pp. 9-29). New York: Academic Press.
- Mulholland, T. B., and Peper, E. (1971). Occipital alpha and accommodative vergence, pursuit tracking, and fast eyes movements. *Psychophysiology*, 8 (5), 556-575.
- Murphy, Michael (1992). *The Future of the Body: Exploration into the Future Evolution of Human Nature*. Los Angeles, CA: Tarcher.
- Neher, Andrew (1961). Auditory driving observed with scalp electrodes in normal subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 13, 449-451.
- Noda, M., et al. (1983). Cloning and sequence analysis of adrenal prepro-enkephalin. *Nature*, 295, 202-206.
- Nottebohm, Fernando (1980). Testosterone triggers growth of brain vocal control nuclei in adult female canaries. *Brain Research*, 189 (2), 429-436.
- Nottebohm, Fernando (1985). Neuronal replacement in adulthood. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 457, 143-161.

- Nottebohm, Fernando, and Arnold, Arthur P. (1976). Sexual dimorphism in vocal control areas of the songbird brain. *Science*, 194 (4261), 211-213.
- Nottebohm, Fernando, Kasparian, Susan, and Panzadis, Constantine (1981). Brain space for a learned task. *Brain Research*, 213 (1), 99-109.
- Nottebohm, Fernando, Nottebohm, Marta E., and Crane, Linda (1986). Developmental and seasonal changes in canary song and their relation to changes in the anatomy of song-control nuclei. *Behavioral and Neural Biology*, 46 (3), 445-471.
- Nottebohm, Fernando, Nottebohm, Marta E., Crane, Linda A., and Wingfield, John C. (1987). Seasonal changes in gonadal hormone levels of adult male canaries and their relation to song. *Behavioral and Neural Biology*, 47 (2), 197-211.
- Nowlis, D. P., and Kamiya, J. (1970). The control of electroencephalographic alpha rhythms through auditory feedback and the associated mental activity. *Psychophysiology*, 6 (4), 476-484.
- Ogden, E., and Shock, N. W. (1939). Voluntary Hypercirculation. *American Journal of the Medical Science*, 198, 329-342.
- Okada, Y. C. (1983). Neurogenesis of evoked magnetic fields. En S. J. Williamson, G. L. Romani, L. Kauffman, and I. Modena (Eds.), *Biomagnetism: An Interdisciplinary Approach*. New York: Plenum.
- Okada, Y. C., Tanenbaum, R., Williamson, S. J., and Kaufman, L. (1984). Somatotopic organization of the human somatosensory cortex revealed by neuromagnetic measurements. *Experimental Brain Research*, 56, 197-205.
- Okada, Y. C., Williamson, S. J., and Kaufman, L. (1982). Magnetic field of the human sensorimotor cortex. *International Journal of Neuroscience*, 17, 33-38.
- Olds, James (1956). Pleasure centers of the brain. *Scientific American*, 195, 105-116.
- Olds, James (1958). Self-stimulation of the brain. Its use to study local effects of hunger, sex, and drugs. *Science*, 127, 315-324.
- Olds, James (1962). Hypothalamic substrates of reward. *Physiological Review*, 42, 554-604.
- Olds, James (1969). The central nervous system and reinforcement of behavior. *American Psychologist*, 24 (2), 707-719.
- Olds, J., and Milner, P. (1954). Positive reinforcement by electrical stimulation of the septal area and other regions of the rat brain. *Journal of Comparative Physiology and Psychology*, 47, 419-428.
- Olton, D. S., and Noonberg, A. R. (1980). *Biofeedback: Clinical application in behavioral medicine*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Oparin, A. I. (1979). *El origen de la vida*. Madrid: Ed. Akal.
- Ornstein, R. E. (1972). *The Psychology of Consciousness*. New York: Freeman.
- Oster, Gerald (1973). Auditory beats in the brain. *Scientific American*, 229 (4), 94-102.
- Othmer, S. R. (1991). EEG Biofeedback Training of Children with Attention Deficit Disorder, Conduct Disorder, and Learning Disability Problems: A Clinical Study. En John L. Carter (Ed.), *Measurable Changes in Brain Functioning Related to Psychophysiological Self-Regulation Training (EMG, EEG, and Audio Visual Simulation)*. Symposium at 22nd Annual Meeting of the Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback, Dallas, Texas.
- Ott, John (1981). *Health and Light. The effects of natural and artificial light on man and other living things*. Old Greenwich, CT: The Devin-Adair Co.
- Papez, James W. (1937). A proposed mechanism of emotion. *Archives of Neurological Psychiatry*, 38, 725-743.
- Parker, J. L. (1973). The Neural Efficiency Analyzer: A technological breakthrough for intelligence measurement. *Australian Journal of Mental Retardation*, 2 (8), 217-221.
- Paton, W. (1957). The action of morphine... on Guinea pig ileum. *British Journal of Pharmacology and Chemotherapy*, 12, 119.
- Paton, J., and Nottebohm, F. (1984). Neurones generated in the adult brain are recruited into functional circuits. *Science*, 225, 1046-1048.
- Penfield, Wilder (1975). *The Mystery of the Mind*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Penfield, W., and Jasper, H. (1954). *Epilepsy and the functional anatomy of the human brain*. Boston: Little, Brown.
- Peniston, E. G., and Kulkowski, P. J. (1989). Alpha-Theta brainwave Training and B-Endorphin levels in alcoholics. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 13 (2), 271-179.
- Pert, Candace (1985). Neuropeptides and their receptors: A Psychosomatic Network. *The Journal of Immunology*, 135 (2), 820-826.
- Pert, Candace (1990). The wisdom of the receptors: Neuropeptides, the Emotions, and Bodymind. *Advances*, 3 (3), 8-16.
- Picton, T. W., and Hink, R. F. (1974). Evoked potentials: How? What? and Why? *American Journal of EEG Technology*, 14 (1), 9-44.

- Pines, Maya (1973). *The brain changers: Scientists and the new mind control*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Plumlee, L. A. (1969). Operant conditioning of increase in blood pressure. *Psychophysiology*, 6 (3), 283-290.
- Pollock, Michael L. (1974a). Psychological characteristics of older champion track athletes. *Research Quarterly*, 45 (4), 363-373.
- Pollock, Michael L., et al. (1974b). Follow up study on the effects of conditioning four days per week on the physical fitness of the adult men. *American Corrective Therapy Journal*, Sep-Oct, 135-139.
- Pribram, K.H. (1971). *Languages of the brain*. Englewood, NJ: Prentice Hall.
- Prichp, Leslie S., and John, E. R. (1992). QEEG profiles of psychiatric disorders. *Brain Topography*, 4 (4), 249-257.
- Purves, D., Hadley, R. D., and Voyvodic, J. (1986). Dynamic changes in the dendritic geometry of individual neurons visualized over periods of up to three months in the superior ganglion of living mice. *Journal of Neuroscience*, 6, 1051-1060.
- Rainey, E. R., and O'Doherty, D.S. (Eds.). (1960). *Electrical studies on the unanesthetized brain*. New York: Paul B. Hoeber.
- Ramón y Cajal, S. (1899-1904). *Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados* (Vols. I-II). Madrid: Moya.
- Ramón y Cajal, S. (1952). *¿Neuronismo o Reticularismo?* Madrid: C.S.I.C.
- Razran, G. (1961). The observable unconscious and the inferable conscious in current Soviet Psychophysiology: Interoceptive conditioning, semantic conditioning, and the orienting reflex. *Psychological Review*, 68, 131-147.
- Razran, G. (1969). The observable unconscious in current Soviet Psychophysiology: Survey and interpretation of experiments in interoceptive conditioning. *Progress in Clinical Psychology*, 4, 1-3.
- Razran, G. (1971). *Mind and Evolution*. New York: Houghton Mifflin.
- Reite, M., and Zimmerman, J. (1976). Magnetic phenomena of the central nervous system. *Annual Review of Biophysics and Bioengineering*, 7, 167-188.
- Reite, M., Edrich, J., Zimmerman, J. T., and Zimmerman, J. E. (1978). Human magnetic auditory evoked fields. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 45, 114-117.
- Reite, M., Zimmerman, J. E., Edrich, J., and Zimmerman, J. T. (1976). The human magnetoencephalography. Some EEG and Related Correlation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 40, 59-66.
- Reite, M., Zimmerman, J. T., and Zimmerman, J. E. (1981). MEG and EEG auditory responses to tone, click, and white noise stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 53, 643-651.
- Responsive Brain (1989). En WGBH-APA (Series Producers). *DISCOVERING PSYCHOLOGY: Video n° 9. Responsive Brain*. Boston: CS Associates (WGBH Educational Foundation-APA).
- Restak, Richard M. (1979). *The Brain: The Last Frontier*. New York: Double Day.
- Reynolds, D. V. (1969). Surgery in the rat during electrical anaesthesia. *Science*, 164, 444-445.
- Richardson, A., and McAndrew, F. (1990). The effects of photic stimulation and private-selfconsciousness on the complexity of visual imagination imagery. *British Journal of Psychology*, 81, 381-194.
- Ritcher, F., Barth, D. S., and Beatty, J. (1983). Neuromagnetic localization of two components of the transient visual evoked response to patterned stimulation. *Il Nuovo Cimento*, 2D, 420-428.
- Romani, G. L., Williamson, S. J., and Kaufman, L. (1982a). Biomagnetic Instrumentation. *Review of Scientific Instrumentation*, 53, 1815-1845.
- Romani, G. L., Williamson, S. J., and Kaufman, L. (1982b). Tonotopic organization of the human auditory cortex. *Science*, 216 (4552), 1339-1340.
- Rose, S. (1973). *The Conscious Brain*. London: Weidenfeld Nicolson.
- Rosenzweig, M. R. (1984). Experience, Memory, and the Brain. *American Psychologist*, 39 (4), 365-376.
- Rosenzweig, M. R., Bennet, E. L., Diamond, M. C. (1967). Effect of differential environments on Brain Anatomy and Brain Chemistry. In J. Zubin, and G. Jervis (Eds.). *Psychopathology of mental development*. New York: Grune and Stratton.
- Rosenzweig, M. R., Bennet, E. L., Diamond, M. C. (1972). Brain changes in response to experience. *Scientific American*, 226 (2), 22-29.
- Rosenzweig, M. R., Bennet, E. L., and Diamond, M. C. (1979). Cambios en el cerebro como consecuencia de la experiencia. En Selecciones de Scientific American (Eds.). *Psicología Fisiológica* (pp. 491-498). Madrid: Ediciones Blume.
- Rosenzweig, M. R., Bennet, E. L., and Krech, D. (1964). Cerebral effects of environmental complexity and trainig among adult rats. *Journal of Comparative Physiological Psychology*, 57 (3), 438-439.
- Rosenzweig, M. R., Krech, D., Bennet, E. L. (1960). A search for relations between brain Chemistry and Behavior. *Psychological Bulletin*, 57, 476-492.
- Rosenzweig, M. R., Krech, D., Bennet, E. L., and Diamond, M. C. (1968). Modifying brain Chemistry and Anatomy by enrichment or impoverishment of experience. In G. Newton, and E. Levine (Eds.). *Early experience and behavior* (pp. 258-298). Springfield, Ill: C.C.Thomas.

- Rosenzweig, M. R., Love, W., and Bennet, E. L. (1968). Effects of few hours a day of enriched experience on the brain Chemistry and brain weights. *Physiology and Behavior*, 3 (6), 819-825.
- Roth, B. J., and Wikswo, J. P., Jr. (1985). The magnetic field of a single axon: A comparison of theory and experiment. *Biophysics Journal*, 48, 93-109.
- Roth, B. J., Woosley, J. K., and Wikswo, J. P., Jr. (1985). An experimental and theoretical analysis of the magnetic field of a single axon (pp. 78-82). En H. Weinberg, G. Stroink, and T. Katila (Eds.), *Biomagnetism: Applications and Theory*. New York-Toronto: Pergamon Press.
- Roth, J., et al. (1982). The evolutionary origins of hormones. *New England Journal of Medicine*, 306, 523.
- Russel, Harold L. (1990). Cognitive and Behavioral Changes in Learning Disabled children following the use of audio-visual stimulation: The Trinity Project. Paper presented at *The 16th Annual Meeting of the Biofeedback Society of Texas*, Dallas, 1990.
- Ryan, Joseph J., and Souheaver, Gary T. (1976). Effects of Transcerebral Electrotherapy (Electrosleep) on state anxiety according to suggestibility levels. *Biological Psychiatry*, 11 (2), 233-237.
- Sagan, Carl (1977). *The Dragons of Eden*. New York: Random House.
- Schaie, K. Warner (1980). Complexity of life style and maintenance of intellectual abilities. *Journal of Social Issues*, 36 (2), 47-61.
- Schaie, K. Warner (1984). Midlife influences upon intellectual functioning in old age. *International Journal of Behavioral Development*, 7 (4), 802-807.
- Schaie, K. Warner (1994). The course of adult intellectual development. *American Psychologist*, 49 (4), 304-313.
- Schaie, K. Warner (1996). Intellectual development in adulthood. En James E. Birren, Klaus Warner Schaie, et al., (Eds.), *Handbook of the Psychology of Aging* (4th ed.). (pp. 266-286). San Diego, CA: Academic Press.
- Schaie, K. Warner, and Willis, Sherry L. (1986). Can decline in adult intellectual functioning be reversed? *Developmental Psychology*, 22 (2), 223-232.
- Schultz, J. H., and Luthe, W. (1959). *Autogenic Training. Vol. I: A psychophysiological approach to psychotherapy*. New York: Grune and Stratton.
- Schwartz, G. E., and Weiss, S. M. (1978). Behavioral Medicine revisited: An amended definition. *Journal of Behavioral Medicine*, 1, 249-251.
- Seigel, J., and Morrow, D. (1960). The magnetic fields accompanying neuronal activity: A new method for the study of nervous system. *Journal of Washington Academy of Sciences*, 50, 1-4.
- Sem-Jacobsem, C. W. (1968). *Depth-electrographic stimulation of the human brain and behavior. From fourteen years of studies and treatment of Parkinson's disease and mental disorders with implanted electrodes*. Springfield, Ill: C. C. Thomas.
- Shagass, C. (1972). Electrical activity of the brain. En N. S. Greenfield and R. A. Sternbach (Eds.), *Handbook of Psychophysiology* (pp. 263-328). New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Shapiro, David, and Crider, Andrew (1967). Operant electrodermal conditioning under multiple schedules of reinforcement. *Psychophysiology*, 4 (2), 168-175.
- Shapiro, D., and Crider, A. B., and Tursky, B. (1964). Differentiation of an autonomic response through operant reinforcement. *Psychonomic Science*, 1 (6), 147-148.
- Shealy, C. Norman, et al. (1989). Depression: A diagnostic neurochemical profile and therapy with Cranial Electrical Stimulation (CES). *Journal of Neurological and Orthopedic Medicine and Surgery*, 10 (4), 301-303.
- Sheer, D. E. (Ed.). (1961). *Electrical stimulation of the brain*. Austin, Texas: University Texas Press.
- Shepherd, G. M. (1983). *Neurobiology*. Oxford: Oxford University Press.
- Sherrington, C. S. (1947). *Integrative action of the nervous system* (2nd). Cambridge: Cambridge University Press.
- Siever, David (1995). *David Paradise XL Operator's Manual*. Edmonton: Comptronix Devices Limited.
- Sirevaag, Anita M., and Greenough, M. L. (1988). A multivariate statistical summary of synaptic plasticity measures in rats exposed to complex, social and individual environments. *Brain Research*, 441 (1-2), 386-392.
- Sjolund, B. H., and Eriksson, M. B. E. (1976). Electroacupuncture and endogenous morphines. *Lancet*, 2, 1085.
- Skinner, B. F. (1938). *The behavior of organisms*. New York: Appleton Century-Crofts.
- Slucki, H., Adams, G., and Porter, R. W. (1965). Operant discrimination of an interoceptive stimulus in rhesus monkeys. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 8 (8), 405-414.
- Smith, James C., Marsh, James T., and Brown, Warren S. (1975). Far-field recorded frequency-following responses: Evidence for the locus of brainstem sources. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 39 (5), 465-472.
- Smith, Ray B., Burgess, A. E., Guinee, V. J., and Relfsnider, L. C. (1979). A curvilinear relationship between alcohol withdrawal tremor and personality. *Journal of Clinical Psychology*, 35 (1), 199-203.

- Smith, Ray B., and Shiromoto, Frank N. (1991). The use of cranial electrotherapy stimulation to block fear perception in phobic patients. *Current Therapeutic Research*, 51 (2), 249-253.
- Soulairac, A., Cahn, J., and Charpentier, J. (1968). *Pain*. New York: Academic Press
- Sperry, R. W. (1959). The growth of nerve circuits. *Scientific American*, 201 (5), 68-75
- Sperry, R. W. (1961). Cerebral organization and behavior. *Science*, 133, 1749-1757.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., and Lushene, R. E. (1970). *STAI Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (Self-Evaluation Questionnaire)*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologist Press
- Springer, S. P., and Deutsch, G. (1985). *Left Brain, Right Brain* (2nd). New York: W. H. Freeman and Company.
- Stent, G. (1963). *Molecular Biology of bacterial viruses*. San Francisco: W. H. Freeman and Company
- Stent, G., and Calendar, R. (1978). *Molecular genetics: An introductory narrative* (2nd). San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Sterman, M. B. (1981). Power-spectral analysis of EEG characteristics during sleep in epileptics. *Epilepsia*, 22, 95-106.
- Sterman, M. B. (1982). EEG biofeedback in the treatment of epilepsy: An overview circa 1980. En L. White, and B. Tursky (Eds.), *Clinical biofeedback: Efficacy and mechanisms*. New York: Guilford Press
- Sterman, M. B., and Friar, L. (1972). Suppression of seizures in a epileptic following sensorimotor EEG feedback training. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 33 (1), 89-95.
- Sterman, M. B., MacDonald, L. R. (1978). Effects of central cortical EEG feedback training on incidents of poorly controlled seizures. *Epilepsia*, 19, 207-222.
- Stern, R. M., Ray, W. J., and Davis, C. M. (1980). *Psychophysiological Recording*. New York: Oxford University Press
- Storfer, Miles David (1984). *Brain Research: Our Journey has Begun*. New York: Foundation for Brain Research.
- Storfer, Miles David (1990). *Intelligence and giftedness: The contribution of heredity and early environment*. San Francisco, CA: Jossey Bass
- Stroebel, Charles F. (1982). *QR: The Quieting Reflex*. New York: Putnam.
- Sturgis, Randy, Lemke, Elmer A., and Johnson, James J. (1977). A validity of the Neural Efficiency Analyzer in relation to selected measures of intelligence. *Perceptual and Motor Skills*, 45 (2), 475-478
- Sutton, S., Braren M., and Zubin, J. (1965). Evoked potential correlates of the stimulus uncertainty. *Science*, 150, 1187-1188.
- Sutton, S., Tueting, P., Zubin, J., and John, E. R. (1967). Evoked potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 24, 1-16.
- Sweet, W. H. (1959). Pain. En J. Field, H. W. Magoun, and W. E. Hall (Eds.), *Handbook of Physiology* (pp 459-506). Washington, DC: American Physiological Society
- Takahashi, Takeo, and Tsukahara, Yasuo (1976). Influence of color on the photoconvulsive response. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 411 (2), 124-136
- Takahashi, Takeo, and Tsukahara, Yasuo (1979). Influence of red light and pattern on photic driving. *Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 127, 45-52.
- Tanaka, I., et al. (1982). Presence of... (31-K)... Peptides in human stomach. *Journal of Clinical and Endocrinological Metabolism*, 54, 392-296.
- Thomas, Norman, and Siever, David (1986). *The effect of repetitive audio visual stimulation on skeletomotor and vasomotor activity*. Unpublished manuscript.
- Tomarken, A. J., Davidson, R. J., and Henriques, F. B. (1990). Resting frontal brain asymmetry predicts affective response to films. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59 (4), 791-801
- Tower, D. (1958). The neurochemical substrates of cerebral function and activity. En H.F. Harlow, and C. N. Woolsey (Eds.), *Biological and biochemical bases of behavior* (pp 286-366). Madison: University of Wisconsin Press
- Townsend, Richard E. (1973). A device for generation and presentation of modulated light stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 34 (1), 97-99.
- Trowill, Jay A. (1967). Instrumental conditioning of the heart rate in the curarized rat. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 63 (1), 7-11.
- Tsong, S. D., et al. (1982). ACTH and Endorphin are present in multiple sites of the reproductive tract. *Endocrinology*, 110, 2204-2206.
- Tueting, P., Sutton, S., and Zubin, J. (1970). Quantitative evoked potential correlates of the probability of events. *Psychophysiology*, 7 (3), 385-394.
- Vale, Wylie W., et al. (1981). The characterization of Corticotropin-Releasing Factor. *Science*, 213, 1394-1397
- Vaughan, H. G., Jr. (1969). The relationship of brain activity to scalp recordings of event-related potentials. En E. Donchin and D. B. Lindsley (Eds.), *Average evoked potentials: Methods, results, and evaluations* (pp. 45-94). Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration. NASA SP-191

- Vaughan, H. G. (1974). The analysis of scalp-recorded brain potentials. En R. F. Thompson and M. M. Patterson (Eds.), *Bioelectric recording techniques* (Part B). New York: Academic Press.
- Waldeyer, W. (1891). Über einige neuere Forschungen in Gebiete der Anatomie des Centralnervensystem. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 1352-1356.
- Wallace, R. K. (1970). Physiological effects of transcendental meditation: A proposed Fourth Major State of Consciousness. *Science*, 166, 1751-1754.
- Wallace, R. K., and Benson, H. (1972). The Physiology of Meditation. *Scientific American*, 226 (2), 84-99.
- Wallace, R. K., and Benson, H., and Wilson, A. F. (1972). A wakeful hypometabolic state. *American Journal of Physiology*, 221 (3), 795.
- Walter, W. G. (1953). *The living brain*. New York: Norton.
- Walter, W. G. (1954). The electrical activity of the brain. *Scientific American*, 190, 54-63.
- Walter, V. J., and Walter, W. Grey (1949). The central effects of rhythmic sensory stimulation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1, 57-86.
- Walter, W. G., Cooper, R., Aldridge, V. J., McCallum, W. C., and Winter, A. L. (1964). Contingent Negative Variation: An electrical sign of sensory-motor association and expectancy in the human brain. *Nature*, 203, 380-384.
- Wathes, D. C., et al. (1982). Neurohypophyseal hormones in human ovary. *Lancet*, 2, 410-412.
- Watson, J. D. (1968). *The Double Helix*. New York: Atheneum.
- Watson, J. D. (1978). *The molecular Biology of the Gene*. Menlo Park: W. A. Benjamin.
- Watson, J. D., and Crick, F. H. C. (1953). Molecular structure of nucleic acids: A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, 171, 737-738.
- Watson, J. D., and Tooze, J. (1981). *The DNA story*. San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Weinberg, H., Stroink, G., and Katila, T. (Eds.). (1985). Biomagnetism Applications and Theory. *Proceedings of 5th World Conference on Biomagnetism*, held August 27-31, 1984, in Vancouver, Canada. New York-Toronto: Pergamon Press.
- Weiner, N. (1948). *Cybernetics: Or control and communication in the animal and the machine*. New York: John Wiley and Sons.
- Weiss, Paul (1937). Further experiment investigations on the phenomenon of homologous response in transplanted amphibian limbs: IV. Reverse locomotion after the interchange of right and left limbs. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 67, 269-315.
- Weiss, Paul (1940). Functional properties of isolated spinal cord grafts in larvan amphibians. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*.
- Weiss, Paul (1957). *The functional organization of Diencephalon*. New York: Grune and Stratton.
- Weiss, Paul, and Hiscoc, Helen B. (1948). Experiments in the mechanism of the nerve growth. *Journal of Experimental Zoology*, 107, 315-393.
- Wenger, M. A., and Bagchi, B. H. (1961). Studies of autonomic functions in practitioners of Yoga in India. *Behavioral Sciences*, 6, 312-323.
- Wenger, M. A., and Bagchi, B. H., and Anand, B. K. (1961). Voluntary control of the heart and pulse. *Circulation*, 24, 1319-1325.
- Wernicke, Carl (1874). *Der aphasische symptomcomplex. Eine Psychologische Studie auf Anatomischer*. Breslau: Max Cohn und Weigart.
- West, H. F., and Savage, W. F. (1978). Voluntary acceleration of the heart rate. *Archives of Internal Medicine*, 22, 290-295.
- Wiksw, J., and Barach, J. (1980). An estimate of the steady magnetic field strength required to influence nerve conduction. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, BME-27, 722-723.
- Wiksw, J., Barach, J., and Freeman, J. (1980). Magnetic field of the nerve impulse: First measurements. *Science*, 208, 53-55.
- Williamson, S. J., and Kaufman, L. (1981a). Biomagnetism. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 22, 129-202.
- Williamson, S. J., and Kaufman, L. (1981b). Magnetic fields of the cerebral cortex. En S. N. Ern , H. D. Hahlbohm, and H. Lübbig (Eds.), *Biomagnetism*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Williamson, S. J., and Kaufman, L. (1989). Theory of neuroelectric and neuromagnetic fields. En F. Grandori, M. Hoke, and G. L. Romani (Eds.), *Auditory electric and magnetic fields*. Basel: Karger.
- Williamson, S. J., Hoke, M., and Kotani, M. (Eds.). (1989). *Advances in Biomagnetism: Proceedings of the 7th Conference on Biomagnetism*, held August 13-18, 1989, in New York, NY. New York: Plenum Press.
- Williamson, S. J., Kaufman, L., and Brenner, D. (1977). Biomagnetism. En B. B. Schwartz, and S. Foner (Eds.), *Superconductor Applications: SQUID and machines* (pp. 355-402). New York: Plenum.
- Williamson, S. J., Romani, G. L., Kaufman, L., and Modena, I. (Eds.). (1983). Biomagnetism: A interdisciplinary approach. *Proceedings of 4th International Conference on Biomagnetism*, held September 14-16, 1982, in Rome, Italy. NATO ASI Series. New York and London: Plenum.

- Williamson, S. J., Wang, J. Z., and Ilmoniemi, R. J. (1989). Method for locating sources of the human alpha activity. En S. J. Williamson, M. Hoke, G. Stroink, and M. Kotani (Eds.), *Advances in biomagnetism*. New York and London: Plenum Press.
- Willis, Sherry L., and Schaie, K. Warner (1986). Training the elderly on the ability of spatial orientation and inductive reasoning. *Psychology and Aging*, 1 (3), 239-247.
- Willis, Sherry L., and Schaie, K. Warner (1988). Gender differences in spatial ability in old age: Longitudinal and intervention findings. *Sex Roles*, 18 (3-4), 189-203.
- Wywicki, W., and Serman, M. B. (1968). Instrumental conditioning of sensorimotor cortex EEG spindles in the waking cat. *Psychology and Behavior*, 3 (3), 703-707.
- Yates, F. E., et al. (1971). Potentiation by Vasopressin of Corticotropin release induced by Corticotropin-Releasing Factor. *Endocrinology*, 88, 3-15.
- Zarit, Steven H., Perlin, Leonard Irving, and Schaie, K. Warner (1993). *Caregiving systems: Informal and formal helpers*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Zimmerman, John E. (1972). Josephson effect devices and Low-Frequency field sensing. *Cryogenics*, 12, 19-31.
- Zimmerman, John E. (1977). SQUID Instruments and Shielding for Low-Noise Level Magnetic Measurements. *Journal of Applied Physics*, 48, 702-710.
- Zimmerman, J. T., Reite, M., Zimmerman, J. E., and Edrich, J. (1983). Auditory evoked magnetic fields: A replication with comments on the magnetic P50 analog. *Il Nuovo Cimento*, 2D, 460-470.