

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE ÓPTICA Y OPTOMETRÍA



TESIS DOCTORAL

**Procesamiento visual en ciegos: un modelo para la posibilidad
de producción de imágenes visuales sin percepción visual**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Helder Manuel Ferreira Utacilio Bértolo

Directoras

Beatriz Antoña Peñalba
Ana Rosa Barrio de Santos

Madrid

© Helder Manuel Ferreira Utacilio Bértolo, 2022

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE ÓPTICA Y OPTOMETRÍA



TESIS DOCTORAL

**PROCESAMIENTO VISUAL EN CIEGOS:
UN MODELO PARA LA POSIBILIDAD DE
PRODUCCIÓN DE IMÁGENES VISUALES SIN
PERCEPCIÓN VISUAL**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

HELDER MANUEL FERREIRA UTACÍLIO BÉRTOLO

DIRECTORAS

BEATRIZ ANTONA PEÑALBA

ANA ROSA BARRIO DE SANTOS

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ÓPTICA Y OPTOMETRIA



ÓPTICA, OPTOMETRÍA Y VISIÓN

TESIS DOCTORAL

**PROCESAMIENTO VISUAL EN CIEGOS:
UN MODELO PARA LA POSIBILIDAD DE PRODUCCIÓN
DE IMÁGENES VISUALES SIN PERCEPCIÓN VISUAL**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR PRESENTADA POR

HELDER MANUEL FERREIRA UTACÍLIO BÉRTOLO

Directoras

BEATRIZ ANTONA PEÑALBA

ANA ROSA BARRIO DE SANTOS

Madrid, 2022

AGRADECIMIENTOS

Después de este largo período de labor, es inevitable reconocer el presente trabajo como colectivo, reuniendo los esfuerzos y las contribuciones de muchas personas, a quienes me gustaría agradecer.

En primer lugar, a las profesoras Beatriz Antona y Ana Barrio, mis tutoras, que a lo largo de los años me han apoyado y alentado, incluso en los momentos en que estaba dispuesto a renunciar, con su complicidad y entusiasmo, con su orientación y consejo, siempre hacia la mejora constante. Esta memoria no existiría sin ellas.

A la profesora Isabel Sánchez por haberme apoyado en el cambio de Programa de Doctorado, haber abierto las puertas de la Facultad de Óptica y Optometría de la Universidad Complutense de Madrid y recomendado mis tutoras. Al Profesor Javier Alda por todo el apoyo logístico y acogida.

A la profesora Teresa Paiva, mi tutora en el Programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas, quien desde el primer momento creyó que mis utopías eran alcanzables y me dio la bienvenida a su Laboratorio de EEG / Sueño de la Facultad de Medicina de la Universidad de Lisboa. Las primeras publicaciones científicas sobre este tema le deben mucho.

Al profesor Castanheira Dinis, director del Servicio de Oftalmología del Hospital de Santa Maria en Lisboa, quien se ofreció de inmediato para colaborar en este proyecto, y que en su fase inicial me proporcionó discusiones extremadamente útiles sobre el procesamiento visual.

A Dr. Tiago Mestre, primero estudiante y luego colega, por el entusiasmo con el que abrazó este proyecto, por el apoyo y la coautoría de estudios y publicaciones.

A la técnica Rosa Santos, por la paciencia con que me acompañó noche tras noche en la casa de los voluntarios, por el compromiso y la seriedad con la que analizó y clasificó los registros y por la alegría y el entusiasmo con el que se

enfrentó a este proyecto. Su simpatía ayudó a muchos voluntarios a soportar las horas de preparación de registros con un mayor estímulo.

A ACAPO - Asociación de Ciegos y Ambliopes de Portugal, por su apoyo en el reclutamiento de voluntarios.

A todos los voluntarios que, con gran confianza, se dejaron conectar a una maraña de hilos que nunca han visto, y que pacientemente permitieron ser despertados varias veces durante la noche, con todos los inconvenientes que eso les traería a sus vidas familiar y profesional. De ellos aprendí que los ciegos no viven realmente en un mundo oscuro y permanentemente dependiente, sino que, por el contrario, se afirman en la sociedad y en la familia al dar testimonio de coraje e independencia.

A mis padres, por todos los valores que me han transmitido, por proporcionarme la educación y estimular la curiosidad. Desafortunadamente, mi madre, compañera y cómplice, ya no podrá disfrutar de la lectura de esta memoria que tanto había anhelado.

A mi hermana, por la confianza casi ciega que deposita en mí, y por el aliento que siempre me da.

A todos mis amigos que a lo largo de los años han vibrado con mis éxitos y han hecho menos dolorosos los momentos difíciles con su alegría y sonrisas.

A todos estos y a todos los demás que sería imposible referir uno por uno:

¡Muchas gracias!

Este trabajo se ha realizado gracias a las siguientes Becas de Investigación:

- Beca 38/98 Fundação Bial
- Beca 17/00 Fundação Bial

PROCESAMIENTO VISUAL EN CIEGOS:
Un Modelo para la Posibilidad de Producción de Imágenes Visuales Sin Percepción Visual

A mis padres

ÍNDICE

LISTADO DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....	XIII
LISTADO DE TABLAS	XV
LISTADO DE FIGURAS	XVII
RESUMEN	XIX
ABSTRACT.....	XXIII
PREÁMBULO	1
ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	5
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. LA CEGUERA EN SUS DISTINTAS CONCEPCIONES.....	9
1.2. REHABILITACIÓN VISUAL DE LOS CIEGOS	13
1.3. SISTEMA VISUAL	21
1.4. ACTIVIDAD ELÉCTRICA DEL CEREBRO. ELECTROENCEFALOGRAMA	43
1.5. IMAGINERÍA VISUAL Y PERCEPCIÓN VISUAL	51
1.6. EL SUEÑO: CARACTERÍSTICAS, FASES, RITMOS CIRCADIANOS Y FISIOLÓGIA 61	
1.7. SOÑAR: SUEÑOS REM Y NREM, INTERPRETACIÓN, FINALIDAD, ANÁLISIS CIENTÍFICO, SUEÑOS DE LOS CIEGOS.....	71
1.8. SUEÑOS Y CEREBRO	87
1.9. LA ACTIVACIÓN VISUAL EN EL SUEÑO	95
1.10. BASES NEURONALES Y COGNITIVAS DEL DIBUJO.....	105
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	121
2.1. HIPÓTESIS.....	121
2.2. OBJETIVOS.....	123
3. METODOLOGÍA	127
3.1. PARTICIPANTES	127
3.2. REGISTROS.....	133
3.3. ANÁLISIS DE DATOS	139

4.	RESULTADOS.....	157
4.1.	EVALUACIÓN DE LOS CONTENIDOS ONÍRICOS	157
4.2.	ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA ALFA EN EL EEG	161
4.3.	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DEL ALFA CON LA ACTIVIDAD VISUAL	163
4.4.	ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES RÁPIDOS Y DE LAS FRECUENCIAS EN FASE REM	165
4.5.	ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES RÁPIDOS Y DEL RECUERDO ..	169
4.6.	ANÁLISIS GRÁFICO DE LOS DIBUJOS	173
5.	DISCUSIÓN	179
5.1.	RELATOS ONÍRICOS	181
5.2.	ONDAS ALFA Y ACTIVIDAD VISUAL	183
5.3.	MOVIMIENTOS OCULARES RÁPIDOS Y RECUERDO.....	185
5.4.	REPRESENTACIONES GRÁFICAS	189
6.	CONCLUSIONES	197
7.	DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA TESIS	201
8.	REFERENCIAS.....	211
9.	ANEXOS	245
	ANEXO 1 – CUESTIONARIO GENERAL	247
	ANEXO 2 – CUESTIONARIO DE SUEÑO	249
	ANEXO 3 – DIARIO DE SUEÑO.....	255
	ANEXO 4 – TEST PSICOLÓGICO SCL 90	257
	ANEXO 5 – CUESTIONARIO PSQI.....	261
	ANEXO 6 – CUESTIONARIO ESS	263
	ANEXO 7 – CONSENTIMIENTO INFORMADO DE LOS VOLUNTARIOS.....	265
	ANEXO 8 – EJEMPLO DE CLASIFICACIÓN DE RELATOS ONÍRICOS	269
	ANEXO 9 – ALGUNOS RELATOS ONÍRICOS DE CIEGOS	271

LISTADO DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

- AC** – *Alternating Current* – Corriente Alterna
- ACAPO** – Asociación de Ciegos y Ambliopes de Portugal
- ADP** – *Adenosine Diphosphate* – Difosfato de Adenosina
- ATP** – *Adenosine Triphosphate* – Trifosfato de Adenosina
- BA** – *Brodmann Area* – Area de Brodman
- BOLD** – *Blood-oxygen-level dependent* – dependiente del nivel de oxígeno sanguíneo
- CB** – *Congenitally Blind* – Ciegos Congénitos
- cGMP** – *cyclic Guanosine Monophosphate* – Monofosfato de Guanina cíclico
- CS** – *Control Sighted* – Videntes Control
- DC** – *Direct Current* – Corriente Continua
- DVN** – *Dynamic Visual Noise* – Ruido Visual Dinámico
- EBA** – *Extrastriate Body Area* – Área Corporal Extraestriada
- ECG** – Electrocardiograma
- EEG** – Electroencefalograma
- EMG** – Electromiograma
- EOG** – Electrooculograma
- ERPs** – *Event-Related electric Potentials* – Potenciales eléctricos Relacionados con Eventos
- ESS** – *Epworth Sleepiness Scale* – Escala de Somnolencia de Epworth
- FFT** – *Fast Fourier Transform* – Transformada Rápida de Fourier
- fMRI** – *functional Magnetic Resonance Imaging* – Resonancia Magnética funcional
- GABA** – *Gamma-AminoButyric Acid* – Ácido gamma-aminobutírico
- GAI** – *Global Activity Index* – Índice de Actividad Onírica Global
- GDP** – *Guanosine Diphosphate* – Difosfato de Guanina
- GEI** – *Global Emotivity Index* – Índice de Emotividad Onírica Global
- GPPS** – Gran Potencial Post-Sináptico
- GTP** – *Guanosine Triphosphate* – Trifosfato de Guanina
- Hz** – Hertz (por segundo)

- ICMS** – *IntraCortical MicroStimulation* – Microestimulación Intracortical
- MEG** – Magnetoencefalografía
- MOR** – Movimientos Oculares Rápidos
- MTL** – *Medial Temporal Lobe* – Lóbulo Temporal Medio
- mV** – miliVolt
- µV** – microVolt
- NGL** – Núcleo Geniculado Lateral
- NREM** – No REM
- NRT** – Núcleo Reticular del Tálamo
- NSC** – Núcleo Supraquiasmático
- PET** – *Positron Emission Tomography* – Tomografía por Emisión de Positrones
- PEVs** – Potenciales Evocados Visuales
- PGO** – Ponto-Genículo-Occipitales
- PPS** – Potencial Postsináptico
- PPSE** – Potencial Postsináptico Excitatorio
- PPSI** – Potencial Postsináptico Inhibitorio
- PSG** – Registro Polisomnográfico
- PSQI** – *Pittsburgh Sleep Quality Index* – Índice de Calidad del Sueño de Pittsburgh
- rCBF** – *regional Cerebral Blood Flow* – Flujo Sanguíneo Cerebral regional
- REM** – *Rapid Eye Movements* – Movimientos Oculares Rápidos
- RIC** – Rango Intercuartílico
- RNAs** – Redes Neuronales Artificiales
- rTMS** – *repetitive Transcranial Magnetic Stimulation* – Estimulación Magnética Transcraneana repetitiva
- SCL-90-R** – *Symptom Checklist 90 Revised* – Inventario de 90 Síntomas Revisado
- SL** – Sueño Lento
- SP** – Sueño Paradójico
- TW** – *Total of Words* – Total de Palabras
- VAI** – *Visual Activity Index* – Índice de Actividad Visual
- VVIQ** – *Vividness of Visual Imagery Questionnaire* – Cuestionario sobre la Intensidad de la Imaginería Visual
- VWFA** – *Visual Word Form Area* – Área Visual de Formación de las Palabras

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 – Proporción relativa de caracteres humanos en los sueños [138].	90
Tabla 2 – Caracterización de los participantes	131
Tabla 3 – Características físicas de las señales	134
Tabla 4 - Despertares con y sin recuerdo para ciegos y videntes control	157
Tabla 5 – Información por Grupos sobre Despertares REM CB – Congenitally Blind (Ciegos Congénitos) y CS – Control Sighted (Videntes de Control)	166
Tabla 6 – Información por Grupos sobre Porcentaje de Recuerdo CB – Congenitally Blind (Ciegos Congénitos) CS – Control Sighted (Videntes de Control)	166
Tabla 7 – ANOVA – Diferencias para variables neurofisiológicas en ambos grupos de sujetos CB – Congenitally Blind (Ciegos Congénitos) y CS – Control Sighted (Videntes de Control).....	168
Tabla 8 – ANOVA – Diferencias para variables neurofisiológicas con y sin recuerdo.....	169
Tabla 9 – ANOVA – Diferencias para variables neurofisiológicas en ambos grupos de sujetos.....	170

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 – Marcador deportivo de puntuación	16
Figura 2 – Estructura del Globo Ocular	21
Figura 3 – Bastones y Conos en la Retina	25
Figura 4 – Isomerización del retinal	28
Figura 5 – Esquema que representa el proceso de fototransducción.....	29
Figura 6 – Esquema de las principales capas retinianas, presentando las distintas clases de células	33
Figura 7 – Curvas de absorción espectral para conos	35
Figura 8 – Vías visuales	37
Figura 9 – Potencial de acción; Potencial Post-Sináptico Excitatorio; Potencial Post-Sináptico Inhibitorio	45
Figura 10 – Una empalizada de células piramidales	48
Figura 11 – Ritmos típicos del EEG.....	50
Figura 12 – Registro polisomnográfico	63
Figura 13 – EEG en la vigilia y en las 4 fases de sueño	64
Figura 14 – Ejemplo de un hipnograma del sueño	66
Figura 15 – Incorporación del movimiento en el sueño	97
Figura 16 – Caminos subyacentes al dibujo basados en el modelo de Guérin	113
Figura 17 – Modelo de Producción Gráfica de Van Sommers	114
Figura 18 – El registrador poligráfico ambulatorio EMBLA™.....	133
Figura 19 – Ejemplo de representación de los canales polisomnográficos registrados para ayuda a la colocación	134
Figura 20 – Los distintos sensores utilizados	135
Figura 21 – Una época de 30 segundos de registro es la base para el "scoring"	136
Figura 22 – Ejemplos de análisis del software Somnologica 2.0.....	137
Figura 23 – Esquema de la metodología de recogida y análisis de datos Las flechas rojas indican el momento de los despertares.....	149
Figura 24 – “Box plots” para el Índice de Actividad Global (GAI).....	158
Figura 25 – “Box plots” para el Índice de Actividad Visual (VAI).....	159

Figura 26 – “Box plots” para la potencia del alfa en C4	161
Figura 27 – “Box plots” para la potencia del alfa en O1	162
Figura 28 – “Box plots” para la potencia del alfa en O2	162
Figura 29 – “Scatterplot” y recta de regresión para la Correlación de Pearson entre el Índice de Actividad Visual (VAI) y Alfa-C4, Alfa-O2 y Alfa-O1	164
Figura 30 – Comparación de Percentiles para Porcentaje de Recuerdo por Diagnóstico	166
Figura 31 – “Box plots” para la densidad de MORs	167
Figura 32 – “Box plots” para el Total de MORs	171
Figura 33 – Representaciones gráficas de escenas oníricas realizadas por sujetos ciegos.....	173
Figura 34 – Representaciones gráficas de la figura humana dibujadas por ciegos congénitos.....	174
Figura 35 – Representación gráfica de una figura humana	175
Figura 36 – Representación gráfica de una figura humana	176
Figura 37 – Representaciones de un gato y de una gallina dibujados por dos ciegos congénitos.....	190

RESUMEN

Introducción y objetivos

Muchos estudios han tratado de entender si los procesos de percepción visual y la formación de imágenes mentales (imaginería visual) comparten los mismos mecanismos o si son independientes y utilizan sustratos neurales diferentes. En esta tesis se revisan los trabajos más importantes que proporcionan evidencia para ambas afirmaciones. La mayoría de las investigaciones han determinado que es necesaria la activación de las áreas visuales primarias durante la imaginería visual.

Nuestro objetivo principal para tratar de aclarar esta cuestión, fue evaluar la capacidad de generar representaciones visuales mentales sin percepción visual, utilizando el contenido visual de los sueños de ciegos congénitos (CB) y su correlación con los parámetros espectrales de su electroencefalograma (EEG) durante el sueño.

Metodología

Los participantes ciegos congénitos (CB) y los sujetos videntes de control (CS) fueron seleccionados con los mismos criterios de inclusión y emparejados por sexo, edad y nivel de escolarización. Los criterios de inclusión fueron: adultos jóvenes (entre 18 y 40 años); tener superados al menos 12 cursos de educación escolar obligatoria, buena capacidad oral; sujetos sanos, con horarios de sueño regulares y sin medicación habitual (se realizó una entrevista personal y seis cuestionarios preliminares para confirmar su cumplimiento).

Durante dos noches consecutivas, se realizaron grabaciones polisomnográficas con 4 despertares a lo largo de la noche en el domicilio de los voluntarios. Los movimientos oculares rápidos (MORs) se detectaron mediante inspección visual de electrooculogramas (EOG) y fueron clasificados como aislados o en brotes. Los espectros de potencia se obtuvieron para los canales de EEG: C4-A1, O2-A1 y O1-A1.

Tras cada despertar los participantes grabaron el relato onírico que recordaran en ese momento, cuyo contenido fue analizado posteriormente de manera “ciega” e independiente por 2 investigadores, utilizando los criterios de Hall & Van de Castle. Para cada análisis de un relato onírico, se calculó el *Índice de Actividad Onírica Global (GAI)* y el *Índice de Actividad Visual (VAI)*. Se estudiaron las relaciones entre estas variables y los parámetros espectrales del EEG.

Los voluntarios también realizaron dos tareas de representación gráfica que fueron posteriormente analizadas por 2 investigadores independientes: una escena onírica que hubiesen reportado, analizada mediante una escala “*ad-hoc*” de complejidad y un dibujo de una figura humana, analizado con el Test de Quoc Vu y la escala de Goodenough.

Los dos grupos de sujetos y las distintas variables se compararon usando, según correspondiera, el estadístico *z*, el Coeficiente de Correlación *r* de Pearson, el Test *U* de Mann-Whitney, ANOVA de un factor y bidireccional y el Test *Chi-cuadrado*.

Resultados

Fueron evaluados 10 CB (edad: $28,2 \pm 5,2$ años; 5 hombres y 5 mujeres) y 9 CS (edad: $28,2 \pm 5,5$ años; 4 hombres y 5 mujeres).

De un total de 152 despertares, fueron válidos 126, de los cuales 43 (34%) fueron con recuerdo. El grupo de ciegos presentó un 27% de despertares con recuerdo frente a un 42% en los videntes; siendo significativa esta diferencia ($p < 0,05$). No se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos con respecto al análisis del contenido onírico, ni en el GAI, ni el VAI. La potencia del alfa presentó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos únicamente para la derivación C4 ($U = 73,0$, $p < 0,01$), con una actividad más baja en los ciegos. Por otra parte, el ANOVA de un factor mostró que la variabilidad de la potencia del alfa fue mayor en O2 para el grupo de ciegos ($F = 5,466$, $p < 0,01$).

Se observó en ambos grupos una correlación negativa entre el VAI y la potencia del alfa en las tres derivaciones, lo que indica que cuando el índice de actividad visual aumenta, la potencia del alfa disminuye: Ciegos: C4: $r = -0,619$, $p < 0,005$;

O2: $r = -0,610$, $p < 0,006$, O1: $r = -0,573$, $p < 0,05$. Videntes: C4: $r = -0,633$, $p < 0,01$, O2: $r = -0,365$, $p < 0,05$.

No hubo diferencias significativas entre ciegos y videntes en el promedio de despertares REM por sujeto, ni en la capacidad de recuerdo onírico considerando solo despertares en fase REM estable (CB: $1,600 \pm 0,516$; CS: $1,667 \pm 0,816$), con una tasa de recuerdo del $60,0 \pm 42,7\%$ en CB y $63,9 \pm 39,4\%$ en CS.

Todos los ciegos tuvieron MORs, aunque presentaron una menor densidad, tanto en brotes como aislados. En ambos grupos, el recuerdo de los sueños se asoció con una mayor actividad sigma en C4, O1 y O2 y theta en O2 y con una potencia inferior de delta en O2. No se observaron relaciones entre los MORs, en sus distintas modalidades, y el recuerdo.

Con respecto a las representaciones gráficas (escena onírica y figura humana), las únicas diferencias estadísticas relevantes entre los grupos se relacionaron con la ocupación horizontal del dibujo (los ciegos tendieron a dibujar en el lado izquierdo de la hoja de papel, en el Test de Quoc Vu) y con la representación más frecuente de orejas por los ciegos (Escala de Goodenough).

Conclusiones

La observación de la correlación entre la atenuación del ritmo alfa y el contenido visual de los sueños, junto con la ausencia de diferencias en las representaciones gráficas entre ciegos y videntes, nos lleva a concluir que los ciegos congénitos pueden producir imágenes virtuales, es decir, que las imágenes en sus sueños corresponden a la activación de las regiones corticales visuales, lo que respalda la hipótesis de que es posible tener imaginación visual sin experiencia visual.

ABSTRACT

Introduction and objectives

Many studies have tried to understand whether the processes for visual perception and formation of mental images (visual imagery) share the same mechanisms or if they are independent and use different neural substrates. In this thesis, the most important works that provide evidence for both affirmations are reviewed. Most research has determined that activation of the primary visual areas is necessary during visual imagery.

Our main objective in an effort to clarify this issue was to evaluate the ability to generate mental visual representations without visual perception, using visual content of congenitally blind (CB) subjects' dreams and its correlation with spectral parameters of their electroencephalogram (EEG) during dream.

Methods

Congenitally blind (CB) participants and sighted control subjects (CS) were selected using the same enrolment criteria and matched for sex, age, and academic qualifications. The inclusion criteria were: young adults (between 18 and 40 years old); have completed at least 12 years of compulsory school education, and good oral skills; healthy subjects, with regular sleep schedules and without regular medication (a personal interview and six preliminary questionnaires were carried out to confirm compliance).

During two consecutive nights, polysomnographic recordings with 4 awakenings throughout the night were performed at the volunteers' homes. Rapid eye movements (REMs) were detected through visual inspection of electrooculograms (EOG) and further classified as isolated or in bursts. Power spectra were obtained for the following EEG channels: C4-A1, O2-A1, and O1-A1.

After each awakening, participants recorded the oneiric report they remembered at that moment, whose content was subsequently analysed "blindly" and

independently by 2 researchers, using Hall & Van de Castle criteria. For each analysis of a dream report, Global Activity Index (GAI) and Visual Activity Index (VAI) were calculated. Relationships between these variables and EEG spectral parameters were studied.

The volunteers also performed two graphic representation tasks that were subsequently analysed by 2 independent researchers: a dream scene that they had reported, analysed using an "*ad-hoc*" complexity scale, and a drawing of a human figure, assessed using Quoc Vu Test and Goodenough scale.

Both subjects' groups and all the different variables were compared using, as appropriate, z Test, Pearson's *r* Correlation Coefficient, Mann-Whitney's *U* Test, one-way and two-way ANOVA, and *chi-square* Test.

Results

10 CB (age: 28.2 ± 5.2 years; 5 men and 5 women) and 9 CS (age: 28.2 ± 5.5 years; 4 men and 5 women) were evaluated.

Of a total of 152 awakenings, 126 were valid, of which 43 (34%) were recalled. The blind group presented 27% of awakenings with recall compared to 42% in the sighted control group; this difference was significant ($p < 0.05$). No significant differences were found between both groups regarding dream content analysis, neither for the GAI nor for the VAI. Alpha power was statistically significantly different between groups only for C4 derivation ($U = 73.0$, $p < 0.01$), with blind subjects presenting a lower activity. On the other hand, the one-way ANOVA showed that the variability of the alpha power was higher in O2 for the blind subjects' group ($F = 5.466$, $p < 0.01$).

A negative correlation between VAI and alpha power in all three derivations was observed in both groups, indicating that when visual activity index increases, alpha power decreases: Blind: C4: $r = -0.619$, $p < 0.005$; O2: $r = -0.610$, $p < 0.006$, O1: $r = -0.573$, $p < 0.05$. Sighted: C4: $r = -0.633$, $p < 0.01$, O2: $r = -0.365$, $p < 0.05$.

There were no significant differences between blind and sighted neither for the average number of REM awakenings per subject, nor for the dream recall ability

considering only stable REM awakenings (CB: 1.600 ± 0.516 ; CS: 1.667 ± 0.816), with a recall rate of $60.0 \pm 42.7\%$ in CB and $63.9 \pm 39.4\%$ in CS.

All blind subjects presented MORs, although they showed a lower density, both for REM bursts and isolated REMs. In both groups, dream recall was associated with higher sigma activity in C4, O1, and O2 and theta in O2 and lower delta power in O2. No correlations were observed between REMs, in their different modalities, and recall.

Regarding graphic representations (oneiric scene and human figure), the only relevant statistical differences between groups were related to the horizontal occupation of the drawing (blind people tended to draw on the left side of the sheet of paper, in the Quoc Vu's Test) and with a more frequent representation of ears by the blind (Goodenough Scale).

Conclusions

The observation of the correlation between alpha rhythm's attenuation and visual content in dreams, together with the absence of differences in graphic representations between blind and sighted, leads us to conclude that congenitally blind subjects can produce virtual images, that is, that the images in their dreams correspond to the activation of visual cortical regions, which supports the hypothesis that it is possible to have visual imagery without visual experience.

PREÁMBULO

El presente trabajo representa un viaje que comenzó hace muchos años. Cuando empecé el Master en Biofísica y Física Médica ya estaba enamorado de la Visión y los mecanismos relacionados con ella.

Tenía amigos ciegos y siempre me cuestionaba sobre cómo harían la gestión de tantos conceptos gráficos y espaciales. Se movían en sus casas, caminaban en la calle, conocían el recorrido hasta la parada del bus, firmaban su nombre... ¿Cómo lo harían? ¿Habrían memorizado todos los movimientos de sus manos para lograr dibujar su firma? ¿Y cuántos pasos dar al frente, hacía la izquierda o la derecha, para llegar a su cocina?

Cuando les preguntaba sobre eso, invariablemente me decían que no. Que ellos tenían en su cabeza una imagen y la reproducían, ya fuera dibujando su firma o caminando hacía el lugar deseado.

Juntando la pasión por la visión y el anhelo de saber más sobre el procesamiento visual en los ciegos, decidí que ese sería el tema de mi trabajo fin de Master. Y posteriormente constituyó mi tesis doctoral.

En ese momento me establecí como objetivo tratar de abrir una ventana y mirar hacía dentro de sus cerebros para lograr determinar si tenían imágenes y, en caso afirmativo, qué tipo de imágenes. Sin embargo, todavía no tenía ni idea sobre cuáles eran las herramientas que podría utilizar. Pensé entonces que la herramienta que buscaba podría ser precisamente el sueño. Nadie nos pide soñar. Se trata de una actividad innata en todos los seres vivos. Podemos considerarla como un “cine gratis, con imágenes”, que tenemos todas las noches.

Así que, lo primero que hicimos fue grabar las señales cerebrales de los ciegos mientras estaban durmiendo y despertarlos periódicamente para que relatasen sus sueños. A continuación, comparamos esas señales con los relatos y también con los datos de individuos videntes. La primera sorpresa con la que nos encontramos fue que casi no había diferencia entre los sueños y las señales de

ciegos y videntes. Después, les pedimos que dibujasen una escena de sus sueños. No sólo lo lograron, sino que los evaluadores no pudieron distinguir entre los dibujos de los ciegos y los de los videntes.

Fue la primera vez que a nivel mundial quedó demostrada la activación visual en ciegos congénitos y también que, para ver con los “ojos de la mente”, no es necesaria la visualización directa.

Estos hallazgos son muy importantes para todas las aplicaciones que se están desarrollando para devolver la visión a los ciegos. Actualmente hay cerca de 36 millones de ciegos en todo el mundo y se estima que ese número se va a triplicar en 40 años: 115 millones en 2050. También sabemos que las áreas dedicadas al procesamiento visual ocupan más de un 50 por ciento de nuestro cerebro. Esto se debe no solo a la complejidad del sistema visual, sino también a la importancia que la visión tiene para el contacto con el mundo exterior, con nuestro entorno, para las relaciones sociales..., aún más en un mundo cada vez más visual, dónde la mayor parte de la tecnología de la información se basa en la transmisión a través de los ojos. No nos podemos olvidar de la célebre frase: “una imagen vale más que mil palabras”.

Desde principios del siglo XXI, según Sinton y McCarley [393] comienza un período excitante para la investigación básica relacionada con el sueño, porque sólo a partir de entonces se empezaron a poder estudiar con medios más avanzados los mecanismos que controlan los cambios en la conciencia asociados con el sueño y la vigilia. En los últimos años, las innovadoras técnicas de imagenología y los datos electrofisiológicos han permitido una nueva comprensión sobre la dinámica cerebral, incluso a través de estudios sobre sueño y sueños.

El trabajo aquí presentado refleja estas preocupaciones tratando de relacionar contenidos oníricos y componentes espectrales del electroencefalograma de sueño.

Por otra parte, la activación visual durante el sueño en ciegos no es bien conocida. Se supone que los ciegos que no hayan perdido la memoria visual, preservan la capacidad de activación de la corteza visual. Los relatos de

personas con ceguera adquirida se asemejan mucho a los de los videntes, ambos contienen relatos de formas, colores, movimiento, etc. Además, cuando se les pide que imaginen cualquier objeto, sus ojos realizan movimientos, como si para imaginar el objeto fuera necesario escrutarlo con los ojos.

La gran cuestión es saber lo que pasa cuando se empieza a perder esa memoria, y particularmente cuando esa memoria no existe en absoluto, como es el caso de los ciegos congénitos.

Empecé el doctorado matriculado a tiempo completo, pero tuve que cambiar a tiempo parcial para poder simultanearlo con mi labor como profesor y coordinador del Grado en Óptica y Optometría en Lisboa. Además, problemas de salud graves con varias cirugías y una situación de desempleo me obligaron a tomar una baja sobrevenida en el programa de doctorado, retrasando la presentación de la tesis

El trabajo de todos estos años ha sido presentado en múltiples congresos y jornadas y he sido invitado en numerosas ocasiones (véase el Capítulo 7 algunos ejemplos) a exponer oralmente y por escrito los resultados de la investigación en congresos y revistas especializadas. Además, el estudio aparece referenciado actualmente en aproximadamente 220 libros y artículos de divulgación y científicos.

ESTRUCTURA DE LA TESIS

La tesis se estructura en nueve partes. Precediendo a todas ellas se encuentra por orden de aparición el índice de contenidos, la lista de símbolos, abreviaturas y acrónimos; la lista de figuras, la lista de tablas y el preámbulo.

La primera parte se dedica a la introducción en la que se hace un recorrido minucioso por los distintos aspectos a tener en cuenta para poder entender el desarrollo de la presente investigación. En concreto, se han revisado las distintas concepciones históricas sobre visión y ceguera, se hace una revisión pormenorizada de los antecedentes y el estado actual de temas como imaginiería y percepción visual, electroencefalografía, el sueño (características, fases, ritmos circadianos y fisiología), soñar (sueños REM y NREM, interpretación, finalidad, análisis científico, sueños de los ciegos...) y bases neuronales/cognitivas del dibujo.

A continuación, se expone la hipótesis y objetivos de la investigación.

En las partes siguientes se presenta la metodología experimental, incluyendo la selección de la muestra, las variables evaluadas, los métodos de recogida y de análisis de datos; los resultados obtenidos y su discusión y las conclusiones finales del trabajo.

Las últimas partes se destinan a la difusión de resultados, al listado de referencias y a los anexos.

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. LA CEGUERA EN SUS DISTINTAS CONCEPCIONES

*Lo han despojado del diverso mundo,
de los rostros, que son lo que eran antes.
De las cercanas calles, hoy distantes,
y del cóncavo azul, ayer profundo.*

*De los libros le queda lo que deja
la memoria, esa forma del olvido
que retiene el formato, el sentido,
y que los meros títulos reflejan.*

*El desnivel acecha. Cada paso
puede ser la caída. Soy el lento
prisionero de un tiempo soñoliento
que no marca su aurora ni su ocaso.*

*Es de noche. No hay otros. Con el verso
debo labrar mi insípido universo.*

EL CIEGO, Jorge Luis Borges, 1972

La visión siempre ha sido considerada como una capacidad valiosa a lo largo de los tiempos; cuántas civilizaciones arrancaban los ojos de los criminales, como castigo por sus crímenes. Pero había veces también, que la ceguera era supuesta como sinónimo de sabiduría, prudencia y templanza.

Ser ciego significa para unos, ignorar la realidad de las cosas, negar la evidencia y, por tanto, estar loco, lunático, ser irresponsable. Para otros, el ciego es aquel que no hace caso de las apariencias engañosas del mundo y debido a esto, tiene el privilegio de conocer su realidad secreta, profunda, prohibida a los mortales

comunes. Participa del divino, es el inspirado, el poeta, el poseedor de la Verdad, el vidente.

Así se presentan, en resumen, los dos aspectos, positivo y negativo, de las miradas de los ciegos, entre los cuales oscilan todas las tradiciones, mitos y costumbres. Lo que hace que la ceguera, que es a menudo considerada una sanción divina, esté relacionada con las pruebas de iniciación. Por otro lado, abundan también, como seres inspirados, los músicos, cantantes y bardos ciegos en todas las tradiciones populares.

Sin duda, es a causa de las esculturas que representan un Homero ciego, que la tradición hace del ciego un símbolo del poeta itinerante, del bardo y del trovador. Pero incluso en este caso, aún no hemos superado la alegoría. Los viejos también son presentados con los rasgos del ciego, lo que representa, en este caso, la sabiduría de los ancianos.

Los adivinos también suelen ser ciegos, como si tuviera que ser ciego a la luz física para ver la luz divina. La ceguera es a menudo un castigo infligido por los dioses a los adivinos que abusan de su don clarividente para ver la desnudez de las diosas, o revelar los secretos arcanos. Tiresias, el adivino, fue privado de la vista por Atenea, porque la había mirado al bañarse. Edipo se perforó los ojos voluntariamente, para expiar su doble crimen. Tobías fue cegado mientras dormía, pero la hiel del pez administrado por su hijo, por una orden del ángel de Dios, le abrió los párpados. Sansón perdió la visión después de haber pecado contra Dios, etc.

Los dioses ciegan o vuelven locos a aquellos a quien quieren perder y a veces salvar. Pero si a los dioses les apetece, el culpable recupera la visión; son ellos los dueños de la luz. Esta es la idea central de los milagros de Jesús en la curación del ciego. Milagros similares fueron atribuidos en la antigüedad, por ejemplo, a Atenea. Entre los celtas, la ceguera por lo general constituye una descalificación para el sacerdocio o para la adivinación. Pero, por contraposición, una serie de personajes míticos irlandeses dotados de videncia son ciegos.

Quizás la visión interna tenga como condición la renuncia a la visión de las cosas externas o fugaces. Los ascetas hindúes creen alcanzar la iluminación espiritual fijando sus ojos en un deslumbrante y ardiente sol hasta que pierden la visión.

El ciego evoca la imagen del que ve algo distinto, con otros ojos, de otro mundo. A menudo se considera más como un extraño que como un enfermo.

1.2. REHABILITACIÓN VISUAL DE LOS CIEGOS

La complejidad del sistema visual ha creado algunas dificultades para la rehabilitación y la producción de prótesis visuales para ciegos. En este sentido hay una necesidad de conocer más y mejor el sistema visual, en particular las zonas que permanecen intactas después de la ceguera [123].

Estudios recientes muestran que al final la corteza visual de los ciegos, incluyendo congénitos, no está totalmente atrofiada y desactivada. Al contrario, no solo se puede activar, sino que también participa en el procesamiento de información no visual; lo que puede, tal vez, constituir la justificación para la potenciación de algunos sentidos, incluyendo el tacto y la audición, cuando se pierde la visión [328].

Se han realizado varios estudios para intentar la rehabilitación de los ciegos, por ejemplo, a través de la estimulación eléctrica de la retina. Se intentó evaluar la posibilidad de ignorar los fotorreceptores dañados, estimulando eléctricamente las restantes capas intactas de la retina, para proporcionar información visual, limitada, a pacientes ciegos debido a una grave degeneración de los fotorreceptores [220]. En el quirófano, con el paciente bajo anestesia local, la estimulación eléctrica se lleva a cabo centrada en la superficie de la retina con impulsos bifásicos breves utilizando pequeñas sondas insertadas a través de la esclerótica. Este procedimiento se realizó en cinco pacientes que tenían poca o ninguna percepción visual. Tres de ellos tenían retinitis pigmentaria, uno tenía degeneración macular debido a la edad y el otro tenía una degeneración no específica, congénita, de la retina. La estimulación consiguió dar lugar a la percepción visual de un punto de luz (fosfeno). Los individuos que ya habían poseído visión útil, localizaron los fosfenos con precisión, de acuerdo con el área de la retina que fue estimulada. Dos sujetos fueron capaces de seguir el movimiento del electrodo estimulante a través del relato del movimiento del fosfeno evocado y consiguieron distinguir dos fosfenos simultáneos mediante la estimulación independiente con dos electrodos. En una prueba de resolución, uno de los individuos, que no tenía ninguna percepción visual en el ojo izquierdo, pudo distinguir fosfenos a $1,75^\circ$ de distancia entre centros. Por lo tanto, se puede

suponer que la estimulación eléctrica local de la superficie de la retina en individuos ciegos por lesiones/enfermedades de la retina externa, tiene como consecuencia la percepción de puntos luminosos que parecen proceder de la zona estimulada. Estos hallazgos apuntan hacia la posibilidad de la estimulación prolongada de la retina para la mejoría de la resolución y, a largo plazo, para una prótesis visual intraocular.

También se estudió la posibilidad de producir una prótesis visual para los ciegos utilizando microestimulación cortical (ICMS – del inglés, *intracortical microstimulation*) de la corteza visual, en una mujer de 42 años que llevaba ciega 22 años a causa de un glaucoma [385]. Se implantaron treinta y ocho electrodos en la corteza visual derecha cerca del polo occipital, por un período de 4 meses. De los 38 electrodos, 34 produjeron fosfenos. Los umbrales de corriente para producir fosfenos, con trenes de pulsos bifásicos eran del orden de 1,9 μA y la mayoría de los microelectrodos tenían niveles por debajo de 25 μA .

El brillo de los fosfenos podía ser modificado en función de la amplitud, de la frecuencia y de la duración del pulso de los estímulos. La estimulación repetida a lo largo de varios minutos produjo una disminución gradual en el brillo de los fosfenos. Los fosfenos no parpadeaban. El tamaño aparente de los fosfenos pasó de una "cabeza de alfiler" a una moneda de 20 mm de diámetro a la distancia del brazo. Normalmente el tamaño del fosfeno disminuía a medida que la corriente de estimulación aumentaba, pero aumentó ligeramente al aumentar la longitud del tren. Con niveles de estimulación cerca de los umbrales, los fosfenos presentaban colores. A medida que se aumentaba el nivel de estimulación, los fosfenos se convertían normalmente en blancos, grises o amarillentos. Fosfenos individuales aparecieron a diferentes distancias de la persona. Cuando dos fosfenos se generaron de forma simultánea, las distancias aparentes de los fosfenos individuales, a veces se cambiaron pareciendo estar a la misma distancia. Cuando tres o más fosfenos se generaron simultáneamente se volvían coplanares. Excepto en raras ocasiones, los fosfenos se extinguían rápidamente con el final del tren de estimulación. Cuando la longitud de los trenes de estimulación aumentaba más allá de 1 segundo, los fosfenos normalmente desaparecían antes del final del tren. La duración de la percepción

del fosfeno podía aumentarse mediante la interrupción de un tren de estimulación largo con breves pausas en la estimulación.

Microelectrodos intracorticales separados por 500 micras generan fosfenos alejados, pero si se separan solamente 250 micras, los fosfenos ya no son distinguibles. Esta resolución entre dos puntos es aproximadamente cinco veces más de lo que típicamente se alcanza con estimulación superficial. Al aumentar la corriente de estimulación, con algunos microelectrodos individuales se produjo a veces un segundo fosfeno ubicado en una zona próxima. Los fosfenos se movían con los movimientos oculares. Cuando se evocaban simultáneamente hasta seis fosfenos, todos se movían con la misma orientación relativa durante los movimientos oculares. Todos los fosfenos se localizaban en el hemisferio izquierdo y la mayoría por encima del meridiano horizontal. Se observó un aglomerado de la mayoría de los fosfenos en un área relativamente pequeña del espacio visual. Una mayor densidad potencial de microelectrodos y menos requisitos de potencia de la ICMS, en comparación con la estimulación superficial, parecen ofrecer resultados alentadores en términos de viabilidad de una prótesis visual. Sin embargo, son necesarios más estudios con ciegos para optimizar los parámetros de estimulación y testar el reconocimiento de imágenes complejas antes de establecer la posibilidad de ejecutar una prótesis similar basada en la ICMS.

Uno de los trabajos más interesantes en esta área se ha desarrollado en los últimos años por el Instituto Dobbie. En él, emplean los fosfenos producidos por estimulación eléctrica de la corteza visual como base para prótesis visuales para ciegos y también como una fuente de información neurofisiológica sobre el mapa retinocortical en los seres humanos [134]. Este grupo, con la colaboración desde el primer momento del Prof. Lobo Antunes, desafortunadamente recientemente fallecido, sostiene que la visión artificial para ciegos es posible a través de una interfaz con una cámara de televisión y estimulación eléctrica de la corteza visual, logrando un dispositivo que permita la movilidad independiente del individuo, utilizando imágenes formadas por un conjunto apropiado de fosfenos, similares al conjunto de luces utilizado en las pantallas de marcadores deportivos de puntuación (Figura 1) [133][136][135].



Figura 1 - Marcador deportivo de puntuación

El desarrollo normal del sistema visual desde el nacimiento hasta el final del período crítico permite la adquisición de una serie de experiencias visuales. En los casos de ceguera tardía/adquirida, el sistema visual se ha desarrollado normalmente, lo que no pasa cuando consideramos la ceguera congénita, en la que la organización cerebral es, probablemente, anormal. En consecuencia, los intentos de rehabilitar la visión en ciegos deben tener en cuenta estas discrepancias. Mientras que las prótesis visuales invasivas, que actúan mediante estimulación eléctrica de las áreas intactas del sistema visual, son apropiadas en el caso de la ceguera adquirida, las prótesis de sustitución sensorial que codifican la información visual en señales que se envían a las modalidades sensoriales intactas, parecen estar orientadas a la ceguera prematura [423]. Este último enfoque tiene en cuenta la organización cerebral específica del ciego prematuro, cuya corteza occipital no desarrollada parece estar involucrada en los procesos sensoriales de sustitución, como se ha demostrado en algunos estudios con PET (*Positron Emission Tomography* – Tomografía por Emisión de Positrones), que serán discutidos más adelante.

Estudios con magnetoencefalografía de 122 canales analizaron la actividad de la corteza visual de cinco ciegos prematuros. En dos de los ciegos, se obtuvieron

también imágenes de resonancia magnética que han presentado una macroanatomía normal de la corteza visual. En estos individuos, las respuestas magnéticas a los cambios de tono contabilizadas se localizaban en las cortezas visuales y temporales, mientras que los cambios de tono ignorados solamente activaban la corteza temporal. En otros dos ciegos también se detectó la activación de la corteza visual en la discriminación auditiva. Estos resultados sugieren que la corteza visual participa en la discriminación auditiva [265]. Es sabido que la corteza visual primaria recibe información visual de los ojos a través de los núcleos geniculados laterales, pero no hay noticias de que reciba información de otras modalidades sensoriales. Su nivel de actividad, tanto en reposo como durante tareas auditivas o táctiles, es mayor en las personas ciegas que en los controles normales, sugiriendo que pudiera servir para funciones no visuales.

Para determinar si la corteza visual recibía información del sistema somatosensorial, se ha utilizado PET para medir la activación durante tareas de discriminación táctiles en sujetos normales y en los lectores Braille con ceguera prematura. Los ciegos presentaron activación de las áreas corticales visuales primaria y secundaria durante las tareas táctiles, mientras que los controles normales presentaron desactivación. Un estímulo táctil sencillo que no requería discriminación no producía activación en ninguno de los grupos [376].

Extensas lesiones bilaterales de los lóbulos occipitales causan ceguera cortical. Sin embargo, sorprendentemente, se han encontrado PEVs (potenciales evocados visuales) [10] en la mayoría de los casos estudiados [1][58][86][87][89][400]. Frecuentemente, las respuestas a los flashes son prolongadas y simplificadas. Las respuestas a patrones evocados por pequeñas redes o cuadrados pequeños están afectadas, aunque las respuestas a los patrones de mayores dimensiones se mantienen constantes [286].

Hay dos posibles explicaciones para la preservación de PEVs en los casos de ceguera cortical. Los potenciales evocados pueden tener origen en zonas extraestriadas (zonas 18 y 19) a través de vías corticales retinotectales [88][89] o pueden ser generados por pequeñas islas de corteza estriada que pueden

haber sobrevivido al proceso patológico que ha causado la destrucción del lóbulo occipital. Esta última hipótesis es apoyada por la presencia de pequeñas islas de corteza estriada, funcionales, demostrada por PET en un paciente con ceguera cortical. En este caso, el metabolismo de la glucosa y el flujo sanguíneo cerebral regional mostraron una pequeña zona funcional de corteza en la zona anterior de la superficie estriada izquierda [90][91]. Estas áreas son susceptibles de representar los campos de la retina periférica y son insuficientes para la percepción visual consciente, o son capaces de proporcionar solamente una percepción visual rudimentaria.

Se probó si los potenciales evocados podrían reflejar fenómenos de plasticidad cortical [125]. En particular, intentó demostrarse si la corteza occipital de individuos ciegos participa en el procesamiento de los estímulos no visuales [370]. Se estudiaron 12 ciegos y 12 individuos videntes con los ojos vendados, en una tarea de discriminación auditiva y somatosensorial. Los datos sugieren que la corteza occipital de los ciegos es activada concomitantemente siempre que el sistema realiza una tarea que requiere una atención profunda. También se observó que la corteza occipital de los ciegos se activó durante la percepción háptica¹ y/o la transformación de una imagen háptica [369].

Otro estudio, también realizado con potenciales evocados, afirma que la plasticidad entre modalidades sensoriales es posible no sólo en cerebros inmaduros, sino también en los adultos. Este estudio mostró que, tanto en ciegos tardíos como en prematuros, la discriminación tonal (auditiva) implica áreas de la corteza occipital y parietal [264][265]. Lo mismo se ha demostrado con EEG [306][392].

¹ La percepción háptica (tacto activo) es el resultado de la asociación de dos sistemas de percepción:

- **Percepción táctil (estática):** a través de los receptores cutáneos sentimos las cualidades térmicas y la consistencia. Con la mano en reposo sólo podemos describir el aspecto aproximado y esquemático de los objetos.
- **Percepción cinestésica (dinámica):** información proporcionada por el movimiento voluntario de las manos. Este tipo de percepción dinámica nos permite percibir el objeto, su textura, aspereza, dureza y forma. La mano no dominante sujeta el objeto o se encarga de proporcionar los puntos de referencia mientras la mano dominante lo explora, realiza movimientos sobre el objeto e integra los datos que obtiene hasta configurar un concepto global del objeto explorado.

Es un sistema de percepción, integración y asimilación de sensaciones, a través del tacto activo. En suma, la percepción háptica es la base del desarrollo y aprendizaje de los alumnos con discapacidad visual, especialmente de los que presentan ceguera total. (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España)

En este sentido se plantean varias cuestiones: ¿en qué medida se puede activar la corteza occipital de los ciegos?, ¿cuáles son las diferencias en la activación de la corteza entre ciegos congénitos y adquiridos?, ¿durante cuánto tiempo permanecen las memorias visuales y cuáles son las que se pierden primero? etc.[406]. Para dar respuesta a estas cuestiones se han considerado metodologías adecuadas para el estudio de la activación cortical y al mismo tiempo amplias para la gran cantidad de dudas que persisten. ¿Cuál sería entonces la forma de evaluar esa activación de una forma endógena, casi innata?, ¿a través del sueño...?

A nivel mundial, son ínfimos los trabajos realizados sobre el sueño en ciegos, en especial los que se centran en los componentes visuales de estos mismos sueños. Nosotros creemos que dicho trabajo puede aportar nueva información sobre el procesamiento de imágenes visuales en los ciegos.

La hipótesis de trabajo del proyecto asume que hay una activación de la corteza occipital del ciego debido a la imaginería onírica.

1.3. SISTEMA VISUAL

1.3.1. EL OJO

El ojo es un órgano sensible a la luz que permite la visión en los animales. Los ojos de las diversas especies varían desde simples estructuras, que tan sólo son capaces de distinguir entre claro y oscuro, hasta órganos complejos, como los de los humanos y otros mamíferos, que logran distinguir variaciones mínimas de forma, color, brillo, contraste y distancia. ¿Quién no reconoce la agudeza visual de las aves?, especialmente de las aves de rapiña que, en vuelos de planeo a grandes alturas, logran detectar el más pequeño movimiento, lanzándose, entonces, en vuelo picado sobre su presa [2].

El verdadero proceso de ver es realizado más por el cerebro que por el ojo. La función del ojo es transformar las vibraciones electromagnéticas de la luz en patrones de impulsos nerviosos que se transmiten al cerebro [235].

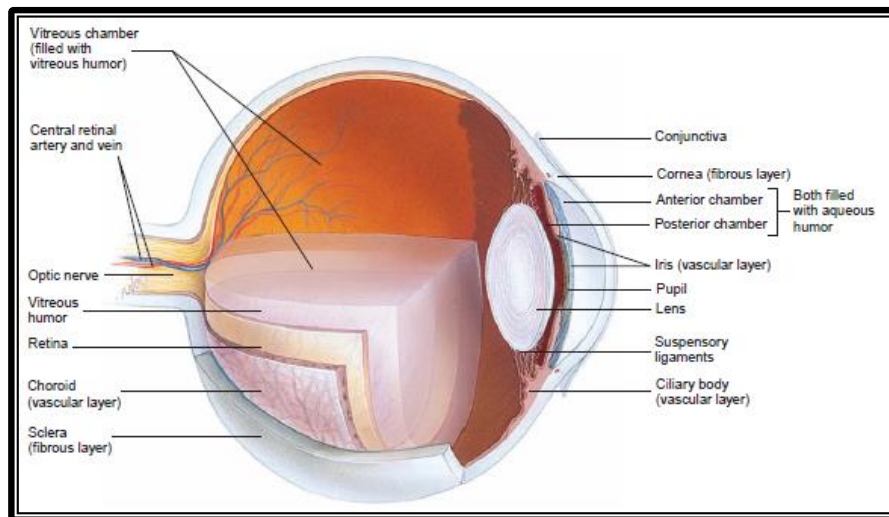


Figura 2 - Estructura del Globo Ocular [411]

El ojo entero, vulgarmente llamado globo ocular, es una estructura esférica de aproximadamente 2,5 cm de diámetro, pronunciadamente convexo en su región frontal. La estructura del globo ocular se puede observar en la Figura 2.

La parte exterior del ojo está constituida por tres capas de tejido. La capa externa es la esclerótica, un revestimiento de protección opaco que forma la parte blanca del ojo. Cubre cerca de cinco sextos de la superficie del ojo. En la zona frontal del globo ocular se continúa con la parte convexa y transparente de la córnea.

La capa intermedia de revestimiento del globo ocular, la coroides, es una capa vascular que cubre los tres quintos posteriores del globo ocular. La coroides se continúa con el cuerpo ciliar y con el iris, que se sitúan frente al ojo. La capa interna es la retina que es sensible a la luz [39] [411].

La córnea es una membrana rígida y transparente, sin vasos sanguíneos, compuesta por cinco capas, a través de la cual la luz entra al interior del ojo. En la parte frontal, está cubierta por un epitelio, muy suave y adherente, que se continúa con el epitelio conjuntivo que cubre la porción anterior de la esclerótica. La curvatura de la córnea afecta a la agudeza visual [6].

Detrás de la córnea existe una cámara llena con un fluido claro y aguado, el humor acuoso, que separa la córnea del cristalino. El cristalino es una esfera achatada, constituida por un gran número de fibras transparentes organizadas en capas. Está ligado a un músculo en forma de aro, llamado el músculo ciliar, que lo rodea. El músculo ciliar y los tejidos que lo rodean, forman el cuerpo ciliar. Este músculo, a través del aplanamiento o abombamiento del cristalino, altera su distancia focal.

El iris, que da el color al ojo, se sitúa detrás de la córnea, frente al cristalino y tiene una abertura circular en el centro. El tamaño de esta abertura, la pupila, es controlado por un músculo alrededor de su margen. Este músculo se contrae o se relaja, haciendo la pupila mayor o menor, controlando así la cantidad de luz que entra en el ojo. Hay dos tipos de músculos en el iris: los *dilator pupillae* dispuestos radialmente e inervados por fibras del sistema nervioso simpático y, de manera opuesta, se encuentran los *sphincter pupillae*, inervados por el sistema parasimpático. El color de los ojos se debe a cantidades variables de pigmento en el iris y a variaciones de textura en su superficie [411].

Por detrás del cristalino, el cuerpo principal del ojo está lleno con una sustancia transparente y gelatinosa, el humor vítreo, encerrado en una bolsa fina, la hialoides. La presión del humor vítreo mantiene la forma del globo ocular.

La retina se desarrolla a partir de tejido cerebral embrionario durante el crecimiento del organismo y, por esta razón, puede ser considerada como un cerebro visual que ha migrado a la parte posterior del ojo. Algunas células nerviosas sólo transmiten los impulsos que reciben; otras asocian e integran los impulsos recibidos de varias partes de la retina. Estas células y fibras se sitúan en la parte interna de la retina, cerca del humor vítreo.

Los fotorreceptores no se localizan en la parte más externa del ojo como se podría esperar, sino en la más interna. Detrás de la pupila se encuentra una pequeña mancha pigmentada, la mácula lútea, en el centro de la cual se encuentra la *fovea centralis*, el área de mayor agudeza visual del ojo [235].

En general los ojos de todos los animales parecen cámaras simples, en las que la lente del ojo forma una imagen invertida de los objetos en la retina, la cual corresponde a la “película fotográfica”.

El enfoque del ojo se lleva a cabo por un aplastamiento o un abombamiento del cristalino. Este proceso se llama acomodación. En un ojo normal no es necesaria la acomodación para ver objetos distantes. El cristalino, cuando es aplanado por contracción del ligamento de suspensión, enfoca objetos lejanos en la retina. Para objetos cercanos, el cristalino se abomba por la contracción del músculo ciliar, que relaja el ligamento de suspensión. Un niño ve claramente a una distancia de 6,3 cm, pero con la edad el cristalino se endurece y los límites de visión cercana son alrededor de 15 cm a los 30 años y cerca de 40 cm a los 50 años. En los últimos años la mayoría de las personas pierden la capacidad de acomodar los ojos a distancias de lectura [39][235][411].

El ojo ve con mayor agudeza en la región de la fovea, debido a la estructura neuronal de la retina. Algunas células de la retina están conectadas individualmente a otras fibras nerviosas, de modo que reproducen estímulos en cada célula individualmente y como resultado se pueden distinguir pequeños

detalles. Otras células, por otro lado, están agrupadas de modo que responden a estímulos sobre una gran área. Estas responden así a estímulos de luz uniformemente débil, pero no consiguen separar pequeños detalles de la imagen visual. El resultado de estas diferencias estructurales es que el campo visual del ojo se compone de una pequeña área central de gran agudeza, rodeada de un área de menor agudeza visual. En esta última, sin embargo, la sensibilidad del ojo a la luz es mayor, es decir, objetos tenues se pueden ver por la noche en la zona periférica de la retina, mientras que son invisibles para la parte central [39].

Subjetivamente un individuo no es consciente de que el campo visual consiste en una zona de alta agudeza rodeada por otra de creciente indefinición. Esta situación se debe al hecho de que los ojos están en constante movimiento, trayendo una parte del campo visual y luego otra hacia la región de la fovea a medida que la atención es desviada de un objeto a otro. Estos movimientos se llevan a cabo por seis músculos (oblicuos superior e inferior, rectos medio, lateral, superior e inferior) que mueven el globo ocular en todas las direcciones, el sistema muscular extraocular. Los movimientos de los músculos del ojo son extremadamente precisos; se estima que los ojos se pueden mover para enfocar más de 100.000 puntos distintos en el campo visual. Los músculos de los dos ojos, trabajando juntos, también cumplen la importante misión de hacer converger los ojos a un punto observado, de modo que las imágenes de los dos ojos coincidan. Cuando no existe convergencia o esta es deficiente, el resultado es la diplopía o visión doble. El movimiento de los ojos y la fusión de las imágenes también representan un papel importante en la estimación visual de tamaño y distancia [235].

1.3.2. FOTOTRANSDUCCIÓN

La luz que llega al ojo pasa a través de la córnea, del humor acuoso, de la pupila, del cristalino, del cuerpo vítreo y de distintas capas de la retina donde incide en las células fotorreceptoras.

El objetivo de este subcapítulo es ofrecer una explicación sobre uno de los fenómenos más esenciales en el recorrido visual - la fototransducción - es decir,

el proceso por el cual las células fotosensibles de la retina transforman la señal luminosa en una señal eléctrica que puede ser conducida por las neuronas al cerebro. Por su importancia se decidió hacer un apartado separado.

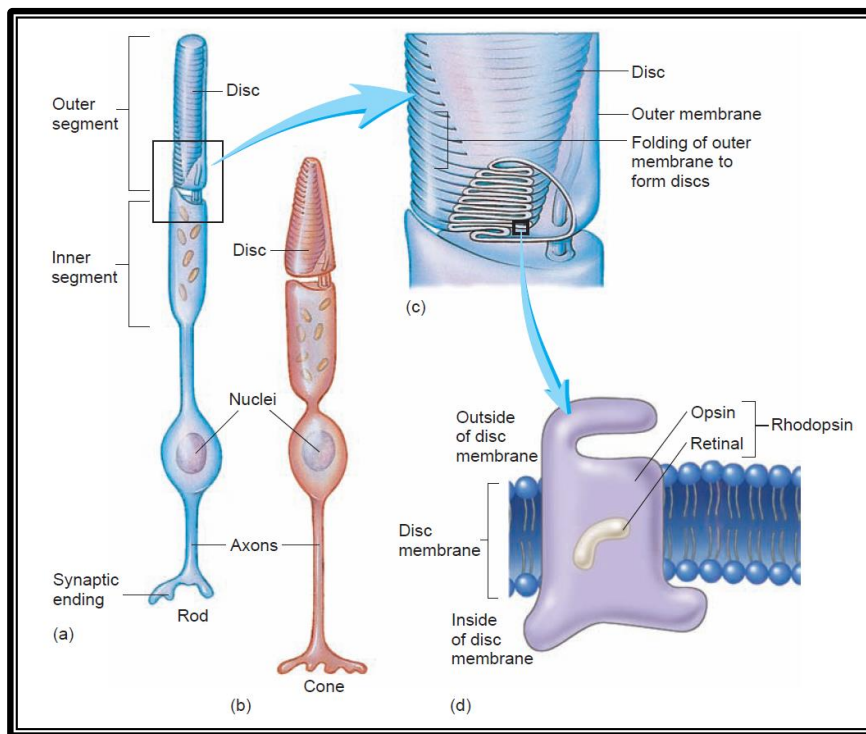


Figura 3 - Bastones y Conos en la Retina. (a) Bastón. (b) Cono. (c) Ampliación de los discos en el segmento externo de un bastón. (d) Ampliación de uno de los discos, mostrando la rodopsina en la membrana [411].

En la retina existen dos tipos de células fotosensibles, los conos y los bastones [234]. En líneas generales podemos decir que los primeros son responsables de la visión en color y los segundos la visión en blanco y negro. Pero hay otras diferencias entre estos dos tipos de células. En primer lugar, su forma diferenciada, de donde provienen las respectivas denominaciones. También su cantidad varía, habiendo cerca de 100 millones de bastones en la retina, en una proporción de 20 bastones para cada cono [438]. Los bastones tienen baja agudeza, esto significa que son poco sensibles a los detalles, a los contornos, al contrario de los conos que, además de tener una elevada agudeza, tienen una alta resolución temporal, o sea, logran distinguir mejor los estímulos sucesivos.

La distribución retiniana de estas células tampoco es equitativa, estando los conos más concentrados en la fóvea donde no hay presencia de bastones.

En este apartado se discutirá el proceso en los bastones, por haber sido el primero en ser estudiado y porque el proceso en los conos es muy semejante [287]. La estructura de los bastones se puede observar en la Figura 3. Podemos distinguir dos secciones, el segmento interno y el segmento externo, que se encuentran conectados por un pequeño canal, el cilio de conexión. En cada segmento externo se encuentran cerca de 1000 discos en cuyas membranas se localizan las moléculas de rodopsina. El segmento interno es rico en ribosomas y mitocondrias, genera rápidamente ATP (trifosfato de adenosina), siendo por eso la fuente energética de la célula, sintetiza activamente proteínas y es en su membrana dónde se encuentran las bombas ATP-asa de Na^+ / K^+ , es decir, las bombas que permiten el intercambio de iones de sodio y potasio entre el citoplasma y el medio exterior, de donde resulta la existencia de un gradiente de membrana [72].

Los discos que se encuentran en el segmento exterior son en realidad una especie de bolsos achatados y cerrados, con un espesor aproximado de $16 \mu\text{m}$; espesor que puede cambiar por acción de la luz. Estos discos se renuevan continuamente, tienen una duración de alrededor de un mes y se sintetizan a un ritmo de 3 discos por hora. Sirven para aumentar la superficie de la membrana y como están apilados verticalmente garantizan que la luz no se escape. En las membranas de estos discos se encuentra localizada una molécula fotosensible, la rodopsina, [37] como se puede observar en la Figura 3. En la membrana plasmática, o sea, en la membrana externa de la célula, encontramos canales de sodio con puertas de cGMP (monofosfato de guanina cíclico), que se encuentran abiertos en situaciones de oscuridad.

La Rodopsina es una molécula "7-pass" transmembranar, o sea, tiene siete enrollamientos (hélices α) que atraviesan la membrana [4]. Esta molécula posee un cromóforo, elemento fotosensible, que es un grupo aldehído ligado al grupo ϵ -amino de un residuo de lisina (Lys 296) y que se encuentra ligado covalentemente a través de una base de Schiff. La rodopsina posee dos extremidades, una de cada lado de la membrana discal; la extremidad exterior

posee un terminal carboxílico y una región de enlaces para la transducina, la rodopsinacinasas y la arrestina. El color de la rodopsina y su respuesta dependen del cromóforo que se llama 11-cis-retinal. La banda de absorción de la rodopsina es ancha, con un pico en los 500 nm, coincidiendo con el "output" solar. Posee un elevado poder de absorción que se aproxima a los valores máximos alcanzables por compuestos orgánicos. El 11-cis-retinal es un polieno con 6 conexiones dobles y simples alternadas, o sea, una red electrónica larga y no saturada que le proporciona sus propiedades cromofóricas. La base de Schiff presenta diferentes picos de absorción dependiendo de si es protonada (440 nm) o no protonada (380 nm). En el caso de la rodopsina, la base de Schiff es protonada aunque con una desviación al rojo por interacción adicional.

En 1967, George Wald ganó el Premio Nobel por haber descubierto que la luz tenía la capacidad de isomerizar el 11-cis-retinal. Isomerizar significa cambiar la configuración y de hecho cada fotón tiene esa capacidad, lo que hace que un solo fotón pueda excitar un bastón, hecho éste de la mayor importancia para la sensibilidad visual. Pero el fenómeno más interesante es que la llegada de ese fotón se convierte en movimiento atómico [235]. Con este movimiento el 11-cis-retinal es transformado en all-trans-retinal, desencadenando de ese modo todos los procesos siguientes. En realidad, aproximadamente el 20% de los fotones de 500 nm que alcanzan la retina conduce a una transducción. Esta eficiencia es comparable a la de los mejores fotomultiplicadores. Por otro lado, la isomerización espontánea del 11-cis-retinal es extremadamente lenta, una vez cada mil años, mientras que en menos de 10 ms un solo fotón dispara esa misma isomerización, lo que hace que la activación espontánea de los bastoncillos sea baja, lo que conduce a una buena relación señal / ruido.

Esta isomerización se realiza por fases, durante las cuales la rodopsina pasa por varias conformaciones intermedias, los llamados intermediarios de transición. Se indican a continuación los distintos intermediarios, los respectivos picos de absorción y el intervalo de tiempo entre cada uno:

Rodopsina (500 nm) → 1 ps

Batorrodopsina (543 nm) → 1 ns

Lumirrodopsina (497 nm) → 1 ms

Metarrodopsina I (480 nm) → 1 ms

Metarrodopsina II (380 nm) → 1 s

All-trans retinal (380 nm) + **Opsina**

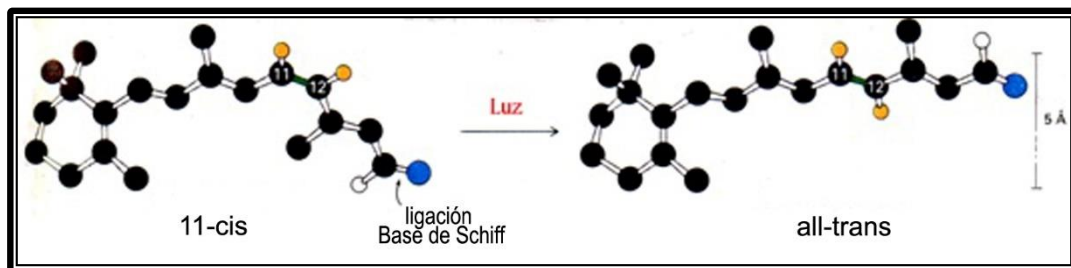


Figura 4 - Isomerización del retinal. Conversión en movimiento atómico con la llegada del fotón (adaptado de [235]).

En el paso de la Metarrodopsina I a la II, la base de Schiff se desprotona y en el paso de la Metarrodopsina II a All-trans-retinal la base es hidrolizada; en este paso la proteína deja de caber en su sitio y se separa, quedando por un lado el All-trans-retinal y por otro, la Opsina. A continuación, el All-trans-retinal decae a All-trans-retinol (Vitamina A) y este, en condiciones de oscuridad, en el epitelio pigmentado, se oxida y vuelve a isomerizarse en 11-cis-retinal que, por conexión y formación de base de Schiff protonada, regenera, por fin, la Rodopsina [266].

De las 57 kcal/mol de energía de los fotones de 500 nm, el 47%, es decir, 27 kcal/mol, se almacenan en la Metarrodopsina II, convirtiéndola en un catalizador efectivo y fiable para el siguiente paso de la transducción. Como sabemos, el cuerpo necesita ingerir Vitamina A para regenerar la Rodopsina. El organismo no produce esa vitamina, por lo que su carencia provoca ceguera nocturna y en situaciones más graves puede conducir a la ceguera total.

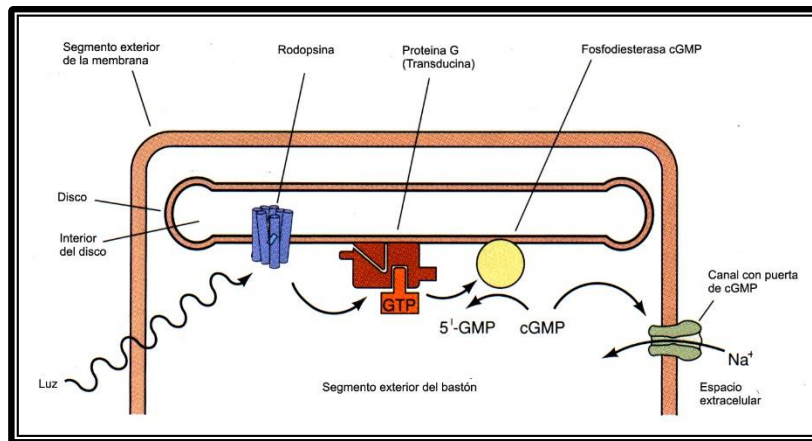


Figura 5 – Esquema que representa el proceso de fototransducción. Se observan los diversos mediadores y los canales de ión Na⁺ (adaptado de [235])

Una molécula de extrema importancia en este proceso es el cGMP (monofosfato de guanina cíclico), que actúa como mensajero intracelular. Veremos que las variaciones en su concentración son esenciales. Para ello es necesario conocer otra molécula, la transducina, que tiene tres subunidades (alfa, beta y gamma) y por eso se llama trimérica. La unidad α de la transducina tiene conectada una molécula de GDP (difosfato de guanina). La molécula de opsina, originada en el proceso de isomerización, provoca la sustitución de este GMP por GTP (trifosfato de guanina). Cuando esta sustitución ocurre, la unidad α se separa de las unidades β y γ . La fosfodiesterasa del cGMP, que se encuentra inactiva, se activa mediante la unión de la unidad α de la transducina a dos de sus monómeros. Su papel, cuando está activada, es hidrolizar el 3,5-cGMP en 5-GMP, es decir, el monofosfato de guanina deja de ser cíclico, bajando la concentración de cGMP. Una sola molécula de opsina puede activar hasta 500 moléculas de transducina. La unidad α de la transducina tiene una actividad intrínseca de GTP-asa que sustituye el GTP por GDP y, de esa forma, regenera la transducina trimérica.

Uno de los últimos grandes descubrimientos, demostró que el cGMP no es sólo un mediador en la apertura y cierre de los canales de sodio, sino que él mismo actúa como parte integrante del canal [239]. A través de la técnica de *patch-clamp* y del cálculo del coeficiente de Hill, se verificó que cada canal necesita la unión de 3 moléculas de cGMP para abrir. Podemos entonces imaginar la gran sensibilidad que estos canales tienen a pequeñas variaciones de la

concentración de cGMP. Además de muy sensible, la respuesta temporal de estos canales es del orden de los milisegundos. Cuando los niveles de cGMP comienzan a bajar, los canales comienzan a cerrar.

Ya hemos visto que cuando la transducina trimérica se regenera, la fosfodiesterasa se vuelve inactiva, pero esto no es suficiente para que la fosfodiesterasa se desactive definitivamente. Es necesario que la transducina no se separe y para ello la única hipótesis es desactivar la Metarodopsina II. Este proceso es mediado por la rodopsinacinasasa que transforma ATP en ADP (difosfato de adenosina), utilizando el fósforo remanente para fosforilar residuos de serina y trionina en la región del terminal carboxilo, disminuyendo la unión de transducina. A continuación, la arrestina se conecta a los terminales fosforilados impidiendo la activación de la fosfodiesterasa [410].

Los canales de sodio también son permeables al calcio. La Guanilciclase, una enzima que regenera el cGMP a partir del GTP, se encuentra conectada a la Recoverina y por eso está activa. Con la entrada del calcio, éste se va a conectar a la Recoverina, inhibiendo la Guanilciclase, o sea, haciendo que el cGMP no sea regenerado. Cuando los canales se cierran disminuyen la concentración de calcio, la Recoverina se une a la Guanilciclase y ésta regenera el cGMP, abriendo los canales [439].

En la oscuridad, los canales están abiertos. Cuando llega un fotón la concentración de cGMP disminuye y los canales se cierran. Esto provoca disminución de la concentración de calcio, consecutiva activación de la Guanilciclase, regeneración del cGMP y apertura de los canales. Esta apertura tiene como consecuencia el aumento del calcio y la inhibición de la Guanilciclase, que deja de regenerar cGMP. Es este sistema de retroalimentación negativa, activado por el calcio [321], el responsable de la recuperación del sistema tras la llegada de una señal luminosa y también por la adaptación a la luz, ya que el nuevo "reset" se realiza en una nueva línea base, es decir, será necesaria una mayor cantidad de luz para hidrolizar el cGMP y cerrar el número de canales. Esta mediación permite una perfecta diferenciación entre claro y oscuro y contraste entre unas 100.000 variaciones posibles. Nótese que se utilizan diferencias en los niveles de luz y no cantidades absolutas de luz absorbida. Por

esta razón, nuestra adaptación a la luz solar es diferente si salimos de una habitación completamente a oscuras, o de otra muy bien iluminada. Vimos antes que la fosforilación sucesiva de Metarodopsina también era necesaria para evitar la continuación de la activación de la fosfodiesterasa. Esta fosforilación es tanto mayor cuanto mayor es la intensidad luminosa, conduciendo a una cada vez más rápida conexión de la Arrestina.

El calcio tiene otro papel extremadamente importante en el proceso, pues es él quien regula la liberación del neurotransmisor. Cuando la concentración de calcio es elevada, las vesículas que contienen el neurotransmisor se aproximan a los terminales presinápticos, se unen a la membrana y liberan el neurotransmisor. Como se verifica, la concentración de calcio baja con la acción de la luz. Esto significa que durante la oscuridad el neurotransmisor está continuamente siendo liberado y su liberación se inhibe cuando hay luz.

Todo este proceso que hemos analizado tiene el nombre de cascada enzimática por el hecho de que un único fotón desencadena reacciones en cadena cada vez más numerosas. Si no, veamos:

Una molécula de rodopsina es activada por 1 fotón, luego 500 moléculas de transducina se activan, conduciendo a la activación de 500 moléculas de fosfodiesterasa. Estas hidrolizan 105 moléculas de cGMP y 250 canales de sodio se cierran. Durante un período de aproximadamente 1 segundo hay 10^6 - 10^7 iones de Na^+ que no pueden entrar en la célula, hiperpolarizando la membrana de 1 bastón aproximadamente en 1 mV.

Se deben mencionar las alteraciones del potencial de membrana que tienen como origen la alteración de la corriente que fluye a través de los canales-cGMP y de los canales de potasio. Estos últimos tienden a garantizar el potencial de equilibrio del potasio (-70 mV). En la oscuridad los canales-cGMP se abren manteniendo un flujo de corriente de aproximadamente 50 pA, debida esencialmente a los iones Na^+ . Esta corriente es conocida como "*dark current*" [38] y mantiene el potencial de membrana en -40 mV, mucho más positivo que el de las otras neuronas (-70 mV). Hay un flujo a través de los canales de K^+ , y para que las concentraciones intracelulares de Na^+ y de K^+ se mantengan,

existen bombas Na^+/K^+ . Con luz, los canales se cierran, la corriente de Na^+ se reduce y la célula se hiperpolariza. Con una luz muy fuerte, todos los canales-cGMP se cierran y el K^+ lleva el potencial a -70 mV [4][39][235].

Por último, se analiza el proceso de renovación de la rodopsina. Podemos identificar, en la cadena de la proteína, 7 zonas de hidrofobicidad, a través de las cuales la proteína se inserta en el retículo endoplasmático. La región del terminal amino sirve de "*start-transfer*", es decir, indica que la inclusión en la membrana se puede iniciar. A continuación, los otros péptidos hidrofóbicos, funcionando alternativamente como "*start*" y "*stop-transfers*", van siendo incluidos, uno a uno, en la membrana hasta la señal de parada que indica que la inserción debe terminar [275]. Las zonas más positivas quedan fuera del disco y las negativas, dentro. Las micelas, vesículas que contienen la rodopsina, se encaminan hacia el segmento externo a través del cilio. Y ahí se funden con los discos, que se van moviendo hacia arriba. Cuando alcanzan el extremo superior del bastón, las capas de membrana son fagocitadas por el epitelio pigmentario de la retina.

Lo más interesante de todo el proceso de fototransducción es el hecho de que uno de los sistemas sensoriales más complejos que el ser humano posee, tiene en su base una pequeña molécula que únicamente se activa cuando un pequeño rayo de luz la alcanza.

1.3.3. LAS VÍAS ÓPTICAS

La visión comienza con la excitación de los fotorreceptores por la luz y continúa con la transmisión sináptica de información entre las células en las distintas capas de la retina (Figura 6).

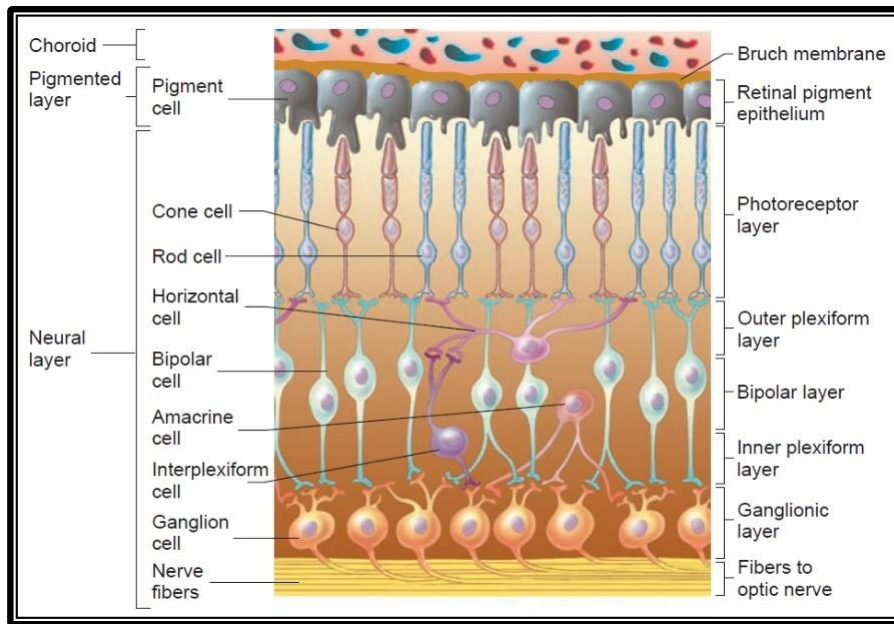


Figura 6 – Esquema de las principales capas retinianas, presentando las distintas clases de células [411]

Por debajo de los fotorreceptores está la capa plexiforme externa, región de densas conexiones sinápticas con sólo unos pocos cuerpos celulares. Las células horizontales integran información a lo largo de la superficie de la retina, en lo que podría llamarse un recorrido de señalización lateral. Como en los fotorreceptores, el potencial de membrana de las células horizontales en la ausencia de estímulo visual es muy bajo y son valores comunes entre -10 y -30 mV [139]. Las pruebas electrofisiológicas indican que las células horizontales integran información visual en la región de la retina que está inervada por ellas. La respuesta de la célula aumenta a medida que más fotorreceptores se iluminan en su campo receptor. Además, su respuesta aumenta con el aumento de intensidad del estímulo. Por esta razón, la respuesta de la célula horizontal es función de la intensidad media de iluminación de los fotorreceptores que se encuentran en su campo receptor.

El segundo tipo de neuronas que se encuentra en la capa nuclear interna son las células bipolares. Como el propio nombre indica, las células bipolares tienen dos terminaciones distintas que se extienden en direcciones opuestas. Las dendritas de las células bipolares alcanzan la capa plexiforme, donde reciben información. Los axones de las células bipolares llevan la información de los conos y los

bastones a las neuronas más centrales del sistema visual. Por esta razón se dice que las células bipolares forman parte del recorrido de señalización directa de la retina. Hay dos tipos de células bipolares que difieren por su tamaño. Las mayores inervan los bastones, mientras que las más pequeñas se ligan a los conos.

Las células amacrinas son el tercer tipo de neuronas con cuerpos celulares en la capa interna. Estas neuronas se encuentran en la parte más baja de esa capa y extienden sus terminaciones a la capa plexiforme interna.

Los últimos elementos del recorrido de señalización directa son las células ganglionares. Los cuerpos de estas neuronas se localizan en la capa ganglionar y reciben señales por sus dendritas que se extienden hasta la capa plexiforme interna. Cada célula ganglionar sólo tiene un axón que entra en la capa de fibras nerviosas y deja la retina para formar el nervio óptico.

Un concepto importante en el estudio de las interneuronas sensoriales es la idea de campo receptor. Las células bipolares tienen un campo receptor complejo, dividido en una pequeña zona circular central y en una zona mayor que la circunda. La estimulación de fotorreceptores dentro del área central puede producir tanto hiperpolarización como despolarización, característica que es específica de la célula individual. Si los fotorreceptores se iluminan en la zona exterior, se verifica la reducción de la respuesta al estímulo central. Las dos zonas se comportan como antagonistas y tendremos un proceso de análisis de patrón "*on-center*" y "*off-center*", que en castellano podríamos llamar "en el centro" y "fuera del centro". Las células bipolares responden al glutamato de formas diferentes, unas excitatorias y otras inhibitorias [39][235].

Las células amacrinas, por ejemplo, parecen detectar cambios en los estímulos visuales. Responden a los estímulos luminosos dentro de su campo receptor con un gradiente de potencial despolarizador a través del cual uno o dos potenciales de acción pueden ser superpuestos [139]. Muchas de ellas sólo responden al inicio o al final del estímulo, dejando de "disparar" cuando el estímulo se prolonga. Al igual que las células bipolares pueden considerarse como el primer analista visual en lo que se refiere a la discriminación. Las células amacrinas

también pueden considerarse como la primera pieza en el procesamiento de los cambios dinámicos del sistema visual.

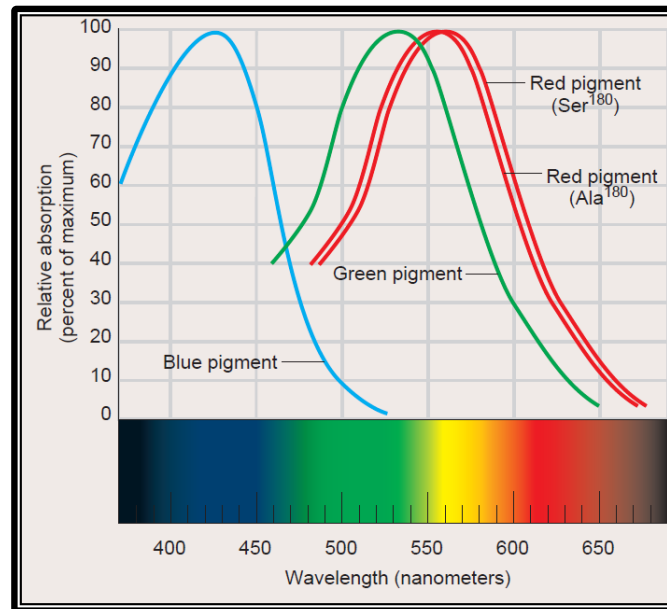


Figura 7 – Curvas de absorción espectral para conos [411]

Las células ganglionares traducen las entradas de las bipolares y de las amacrinas en potenciales de acción. Estas células también presentan campos receptores similares a los de las bipolares o una respuesta antagonista "center-surround" [263]. Las células ganglionares también se dividen en dos tipos en cuanto a su tamaño: las células grandes (magnocelulares o tipo M) y las células pequeñas (parvocelulares o tipo P), que como veremos a continuación tendrán un papel que desempeñar en los recorridos principales de integración de la información visual.

La codificación cromática también se lleva a cabo en la retina [66][157][158]. La tricromacia es una consecuencia de que en los humanos existen tres tipos de conos, cada uno conteniendo un pigmento fotosensible diferente. Estos tres fotoquímicos difieren unos de otros en las longitudes de onda luminosas que más fácilmente absorben. Estos tres tipos de receptores se llaman conos de longitudes de onda corta (C), mediana (M) y larga (L) [170]. Son diferentes en la

absorción espectral, la probabilidad relativa con la cual una molécula de fotoquímico absorbe un fotón de luz como función de la longitud de onda [139][189]. La absorción espectral diferenciada de los tres tipos de conos proporciona la base física inicial para la percepción cromática humana (Figura 7). Los tres fotoquímicos de los conos, como la rodopsina, consisten en una molécula de opsina ligada al 11-cis-retinal. La molécula de retinal es común a todos los fotoquímicos, pero sus características de absorción varían en función del tipo de opsina a la que está ligado. Las células ganglionares desempeñan también un papel de gran importancia en la percepción cromática. Los campos receptores de estas células se ocupan también de procesos oponentes entre las distintas longitudes de onda.

Los axones de las células ganglionares forman los dos nervios ópticos, manteniendo una organización retinotópica. Cada nervio óptico se divide en dos ramas, una ipsilateral y otra contralateral. El punto de división se llama el quiasma óptico. A partir de ese punto tenemos los tractos ópticos [82].

Algunas fibras del nervio óptico envían ramas colaterales secundarias a áreas visuales del tronco cerebral, primariamente al colículo superior, un centro visual antiguo y evolucionado localizado en la superficie dorsal del mesencéfalo [84].

De gran importancia es la proyección para capas más profundas del colículo, que están involucradas en el control de los movimientos de los ojos, cabeza y cuerpo (fibras retino-tectales). Estas neuronas inician y regulan los movimientos oculares sacádicos. El sistema colicular integra el mundo visual con el mundo corporal. Algunas ramas colaterales del tracto óptico inervan también el área pretectal del tronco cerebral (fibras retino-pretectales). Estas neuronas proyectan para los núcleos de Edinger-Westphal, una porción de núcleo del tercer nervio craneal, que regula principalmente la inervación parasimpática de los músculos del iris. También se pueden mencionar las ramas que alcanzan el núcleo supraquiasmático del hipotálamo (fibras retino-hipotalámicas), importantes en la regulación de los ciclos biológicos, que serán referidos a continuación.

El principal blanco del nervio óptico es el Núcleo Geniculado Lateral (NGL) del tálamo [217]. Las fibras procedentes de la retina hacen sinapsis directamente en

las principales neuronas del NGL, que a su vez envía sus propios axones a la corteza cerebral. Estos axones pasan a través de la materia blanca de la corteza como un abanico de fibras que forman las radiaciones ópticas.

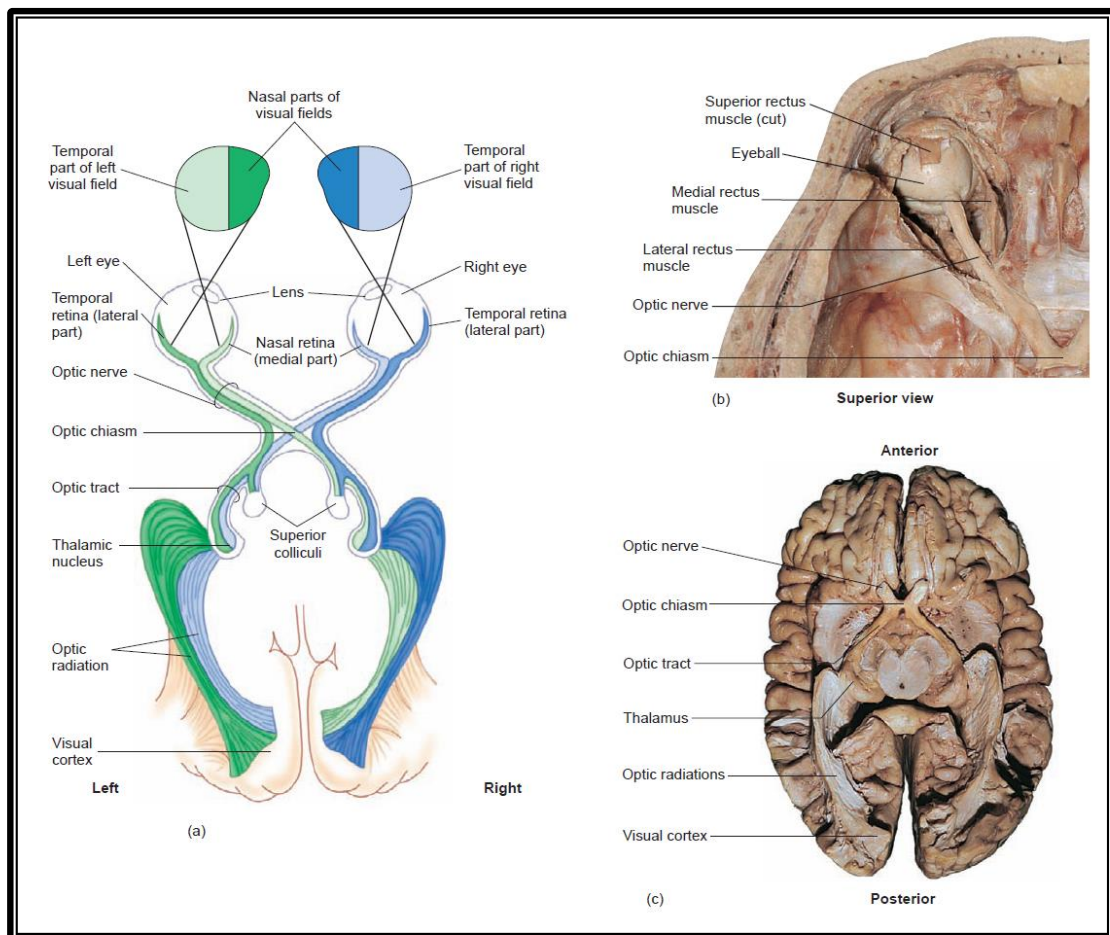


Figura 8 - Vías visuales

(a) Vías visuales y su relación con los campos visuales. Los campos visuales izquierdo y derecho se muestran separados entre sí para mayor claridad. En realidad, se superponen. (b) Fotografía del globo ocular, nervio óptico y quiasma óptico (vista superior). (c) Fotografía de los nervios ópticos, tractos y radiaciones (vista inferior). [411]

Podemos distinguir en el NGL seis capas: dos capas ventrales (magnocelulares) y cuatro capas dorsales (parvocelulares). Además, hay subcapas interlaminares (koniocelulares). Cada ojo proyecta hacia una de las capas magnocelulares y hacia dos de las capas parvocelulares. Todas las capas contienen una representación completa de la hemi-retina y las seis representaciones están perfectamente alineadas [218]. En estos sistemas, las células tienen campos

receptores circulares y alrededor del 90% presenta una organización antagónica "*center-surround*".

Las propiedades de los sistemas parvocelular y magnocelular son diferentes, en particular, respecto a la agudeza y a la respuesta al color. Las propiedades del sistema parvocelular correspondientes a las de los conos, especialmente de los de longitud de onda larga y media (rojos y verdes), e y las del koniocelular correspondientes a las de los conos de longitud de onda corta (azules). El NGL proyecta directamente en la corteza visual primitiva o estriada que se ubica en la extremidad posterior y superficie media adyacente del lóbulo occipital.

La mayoría de las células en la corteza estriada responde más fuertemente a líneas o aristas que a puntos o anillos de luz. Las células corticales simples tienen campos receptores con regiones antagónicas bien definidas, con formas de barras o aristas; tienen una especialización para posición y orientación cuando son estimuladas por una barra de luz. Las células corticales complejas tienen campos receptores más grandes y son específicas en cuanto al ángulo de orientación de sus patrones de estímulos. Sin embargo, no son específicas para la posición. Las células hipercomplejas, que más tarde vendrían a ser llamadas "*end-stopped*", o sea, sensibles a contornos, responden bien a un estímulo lineal con una orientación específica que no sobrepase el campo receptor. Tanto las células simples, como las complejas pueden ser "*end-stopped*" [216][218].

La organización retinotópica de la corteza cerebral es muy compleja e incluye una organización espacial. También existe una organización columnar en la corteza estriada. Hay columnas de dominancia ocular y columnas de orientación. En cuanto a la visión del color, en la corteza estriada, se descubrió la existencia de glomérulos (o manchas – del inglés "blobs"). Son secciones de la corteza visual donde grupos de neuronas sensibles al color se ensamblan en formas cilíndricas [307]. Fueron identificados por primera vez en 1979 por Margaret Wong-Riley cuando usó una tinción de citocromoxidasa, de donde proviene su nombre). En este momento puede hablarse de organización modular. Siendo cada módulo constituido por dos hipercolumnas y dos glomérulos, estando un par dominado por el ojo derecho y otro por el izquierdo. Todas las células del módulo comparten un campo receptor agregado común [186][187][235].

Hay al menos 32 áreas separadas de la corteza que son responsables de estímulos visuales. Algunas se sitúan en las áreas 18 y 19 de Brodmann adyacentes a la corteza visual primaria. Otras se sitúan en los lóbulos temporal y parietal, formando dos cadenas, dorsal y ventral, que se reencuentran en las áreas de asociación visual de la corteza frontal [128].

En la corteza estriada cada área visual constituye una estructura única de procesamiento de información, teniendo cada una su organización celular individual (citoarquitectura). Cada área tiene una conectividad propia. Las áreas visuales parecen estar organizadas de una forma jerárquica. Además, todas las conexiones entre áreas visuales son bidireccionales.

Hoy en día se sabe que esta organización cortical no es suficiente para que los estímulos sean reconocidos. La información relacionada con el color, la forma, los contrastes o el movimiento se lleva a cabo por tres grandes recorridos visuales. El primer recorrido tiene su origen en las neuronas intercaladas entre las capas parvocelulares del núcleo geniculado lateral y está directamente relacionado con la percepción del color. Este recorrido hace sinapsis en los glomérulos de las capas superficiales de la capa V1 donde pasa al área V2 y de ahí proyecta hacia la V4, un área que contiene muchas células cromosensibles. El segundo tramo es también originado en las capas parvocelulares y se relaciona directamente con la percepción de las formas. Este recorrido termina en las áreas más profundas del área V1. El tercer recorrido, el recorrido magnocelular, se especializa en la detección del movimiento y las relaciones espaciales, contribuyendo a la percepción de la profundidad [166]. Tiene su origen en las capas magnocelulares del NGL, alcanzando las regiones interglomerulares de V1, las bandas de V2 y luego al área V5 [235].

Las conexiones neuronales específicas dentro de las áreas sensoriales del cerebro se logran a través de dos mecanismos diferentes. En primer lugar, varias pistas moleculares guían los axones de regiones específicas en la periferia hacia determinadas regiones objetivo que, sin embargo, se definen de forma general. Una vez finalizada esta alineación inicial, comienza un segundo conjunto de procesos. Este segundo conjunto de mecanismos, basado en la cooperación de

los axones de un ojo y en la competición con los axones del ojo opuesto, hace corresponder a cada axón con su neurona-blanco específica, introduciendo así una ordenación punto a punto en el mapa de la región-blanco. En la corteza visual primaria, la cooperación entre fibras aferentes procedentes de un ojo y la competencia entre fibras aferentes procedentes del otro ojo, tiene como resultado las columnas de dominación ocular [185]. En esta correspondencia exacta, la cooperación entre fibras aferentes procedentes de regiones locales de la retina del mismo ojo, aumenta la capacidad de estas fibras para dominar en zonas donde existen conexiones comunes a las células-blanco, ayudando así a separar los axones de los dos ojos. Simultáneamente, la competencia entre fibras de los dos ojos también separa los axones, porque la señal más débil proveniente de cada una de las retinas disminuirá hasta que, eventualmente, el terminal del axón se retire, eliminando la superposición y conduciendo a una casi completa separación de los terminales. Estos dos mecanismos - cooperación y competencia - interactúan para establecer un mapa topográfico exacto [359].

Durante un período crítico del desarrollo posnatal, la cooperación y la competencia son regidas por la actividad en las fibras aferentes. Durante este período, la separación de las fibras aferentes y el establecimiento de las columnas de dominación ocular pueden verse muy afectadas por la modificación experimental del balance entre la actividad de las señales procedentes de cada uno de los ojos. Después de ese período crítico las conexiones existentes se vuelven estables y mucho menos susceptibles de modificación [412].

Los estudios sobre el desarrollo de las columnas de dominación ocular nos permiten comprender cómo otras experiencias sensoriales, más complejas, en fases iniciales del desarrollo, pueden alterar los circuitos y la estructura del cerebro en crecimiento [144][146][320].

Los estudios sobre el desarrollo sensorial proporcionan un ejemplo destacado de cómo los factores genéticos y la experiencia interactúan en la maduración del cerebro y de cómo la privación ambiental puede alterar de forma brutal los procesos de desarrollo. Además de presentar nuevas perspectivas sobre los mecanismos que regulan el desarrollo, estos estudios tienen una importancia clínica obvia [107][172][384][419]. Por ejemplo, en el estrabismo, donde hay una

desalineación de los ejes visuales de ambos ojos, se modificó el tratamiento clínico debido a los resultados de diversos estudios sobre los efectos que el estrabismo tiene en el desarrollo de la percepción visual [28]. Los niños con estrabismo poseen, inicialmente, buena visión en ambos ojos. Sin embargo, como estos niños no consiguen superponer las imágenes de los dos ojos, tienden a dar preferencia a uno de ellos. Los oftalmólogos tenían por costumbre iniciar el tratamiento del estrabismo sólo cuando los niños tenían 8 o 9 años, mucho después del período crítico para el desarrollo de los centros de procesamiento visual en el cerebro. Como resultado, estos niños perdían a menudo la visión del ojo desviado. Gracias a los estudios sobre los efectos del estrabismo en el desarrollo de la visión, los oftalmólogos pueden ahora corregir quirúrgicamente el estrabismo muy temprano, cuando la visión binocular todavía puede ser restablecida [384].

1.4. ACTIVIDAD ELÉCTRICA DEL CEREBRO. ELECTROENCEFALOGRAMA

La actividad eléctrica del cerebro consiste en corrientes iónicas generadas por fuentes bioquímicas a nivel celular [7][68][69][178][277][335]. Estas corrientes iónicas originan campos eléctricos y magnéticos que se pueden medir en el cerebro y en los tejidos adyacentes. Es conveniente considerar la generación de señales de electroencefalograma (EEG) en términos biofísicos porque es la forma propia de determinar la distribución de potencial en el cuero cabelludo dado un conjunto de fuentes de corriente intracerebrales, o sea el llamado problema *a priori* de la electroencefalografía. La comprensión de este fenómeno es necesaria para discutir el *problema inverso* que constituye el principal objetivo de la electroencefalografía clínica, es decir, determinar las fuentes intracerebrales dada una distribución de potencial medida en el cuero cabelludo. Helmholtz demostró en 1853 que el *problema inverso* no tenía una solución única y por eso es necesario conocer el problema *a priori* para que se puedan aplicar condiciones al problema inverso [68][277].

Es conveniente recordar aquí algunas nociones sobre potenciales de acción y potenciales postsinápticos.

1.4.1. LOS POTENCIALES DE ACCIÓN

La membrana plasmática de todas las células eléctricamente excitables – no sólo las neuronas, sino también las células musculares y endocrinas – contiene canales de cationes dependientes del voltaje, que son responsables de la producción de potenciales de acción. Un potencial de acción se desencadena por una despolarización de la membrana plasmática, es decir, por una desviación del potencial de membrana a un valor menos negativo (Figura 9) [68].

En las células nerviosas y en las de los músculos esqueléticos, un estímulo que provoque una despolarización suficiente, desencadena inmediatamente la

apertura de canales de ion sodio (Na^+) dependientes del voltaje, permitiendo que una pequeña cantidad de Na^+ entre en la célula según su gradiente electroquímico. El influjo de cargas positivas despolariza aún más la membrana, llevando a la apertura de más canales de Na^+ , admitiendo más iones Na^+ y aumentando cada vez más la despolarización. Este proceso continúa de una forma auto-amplificadora hasta que en una fracción de segundo el potencial eléctrico local de la membrana se altera de su valor de reposo de alrededor de -70 mV a cerca del potencial de equilibrio del Na^+ de alrededor de $+50$ mV. En este momento, cuando la fuerza electromotriz del flujo de Na^+ es casi nula, la célula quedaría en un nuevo nivel de reposo, con todos los canales de Na^+ permanentemente abiertos, si la conformación abierta de los canales fuera estable [277][280][281].

La célula se salva de este espasmo eléctrico permanente porque los canales de Na^+ tienen un mecanismo automático de inactivación que hace que los canales cierren rápidamente incluso cuando la membrana aún está despolarizada [4]. Los canales de Na^+ permanecen en este estado inactivo, incapaces de reabrir, hasta algunos milisegundos después de que el potencial de membrana haya regresado a su valor negativo inicial. Esta descripción se refiere a una pequeña porción de membrana. La despolarización auto-amplificada de esa porción, es, sin embargo, suficiente para despolarizar regiones vecinas de la membrana, que irán a recorrer el mismo ciclo. De este modo, el potencial de acción se propaga como una onda desde el lugar inicial de la despolarización hasta recorrer toda la membrana plasmática [68][69].

Además de la inactivación de los canales de Na^+ , en la mayoría de las células nerviosas existe un segundo mecanismo que ayuda a conducir más rápidamente la membrana plasmática a su potencial negativo original y quedarse disponible para transmitir un segundo impulso. Los canales de ion potasio (K^+) dependientes del voltaje se abren, de modo que el influjo transitorio de Na^+ es rápidamente superado por el flujo de K^+ , que rápidamente conduce la membrana de vuelta al potencial de equilibrio del K^+ , incluso antes de que la inactivación de los canales de Na^+ esté concluida. Estos canales de K^+ responden a cambios en el potencial de membrana de una forma muy similar a la de los canales de Na^+ ,

pero de forma más lenta; son por esa razón llamados, a veces, canales lentos de K^+ .

1.4.2. LOS POTENCIALES POST-SINÁPTICOS

En el sistema nervioso central una sola neurona puede recibir información de miles de neuronas. Por ejemplo, varios miles de terminaciones hacen sinapsis en una neurona motora de la médula; el cuerpo celular y las dendritas están casi completamente recubiertas con ellas. La neurona tiene que combinar la información recibida de todas estas fuentes y reaccionar; ya sea disparando potenciales de acción, ya sea quedando en reposo. De las muchas sinapsis de una neurona, algunas tenderán a excitarla y otras a inhibirla. El neurotransmisor liberado en una sinapsis excitatoria provoca una pequeña despolarización en la membrana postsináptica llamada Potencial Postsináptico Excitatorio (PPSE), mientras que el neurotransmisor liberado en una sinapsis inhibitoria provoca una pequeña hiperpolarización llamada Potencial Postsináptico Inhibitorio (PPSI) (Figura 9) [39][235].

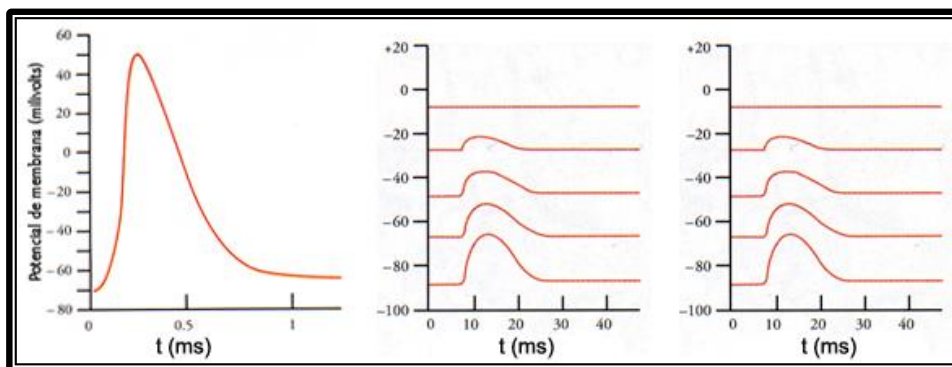


Figura 9 – Potencial de acción; Potencial Post-Sináptico Excitatorio; Potencial Post-Sináptico Inhibitorio (adaptado de [39])

Como las membranas de las dendritas y del cuerpo celular de la mayoría de las neuronas contienen pocos canales de Na^+ , un PPSE individual normalmente no dispara un potencial de acción. En cambio, cada señal que llega se refleja en un

PPS local de magnitud gradual, que decrece con la distancia al lugar de la sinapsis. Si varias señales llegan simultáneamente a hacer sinapsis en la misma región de las ramificaciones dendríticas, el PPS total en esa vecindad será aproximadamente la suma de los PPS individuales, haciendo los PPSs una contribución negativa al total. Los PPS de cada vecindario se propagan de una forma pasiva convergiendo hacia el cuerpo celular. Como el cuerpo celular es pequeño comparado con las ramificaciones dendríticas, su potencial de membrana será aproximadamente uniforme y será una composición de los efectos de todas las señales que llegan a la célula, ponderadas de acuerdo con las distancias de las sinapsis al cuerpo celular [335].

El Gran Potencial Postsináptico (GPPS) del cuerpo celular representa entonces una suma espacial de todos los estímulos recibidos. Si los estímulos excitatorios predominan, se producirá normalmente una despolarización. Mientras que la suma espacial combina los efectos de las señales recibidas en diferentes lugares de la membrana, la suma temporal combina los efectos de las señales recibidas en diferentes instantes. Si un potencial de acción llega a una sinapsis y dispara la liberación de neurotransmisor antes de que un PPS anterior, en la sinapsis, haya decaído completamente, el segundo PPS se añade a la cola aún existente del primero. Si muchos potenciales de acción se suceden rápidamente, cada PPS se añade a la cola del anterior, construyendo un PPS grande que se mantiene y cuya magnitud refleja la tasa de disparo de la neurona presináptica. Es esta la esencia de la suma temporal, es decir, traduce la frecuencia de la llegada de señales en la magnitud de un PPS medio. Las sumas temporal y espacial, en conjunto, proporcionan los medios a través de los cuales las tasas de disparo de varias neuronas presinápticas controlan el potencial de membrana (el GPPS) en el cuerpo de una sola célula postsináptica [277][279][280][281].

El último paso en este proceso de la célula postsináptica es la producción de una señal de salida, normalmente en la forma de potenciales de acción, para transmitir la señal a otras células. La señal de salida refleja la magnitud del GPPS en el cuerpo celular. Mientras que el GPPS es una variable continua gradual, los potenciales de acción o están, o no, presentes y son uniformes en dimensión. La única variable que se señala por potenciales de acción es el intervalo de tiempo

entre un potencial de acción y el siguiente. Para una transmisión a gran distancia, la magnitud del GPPS es traducida, o codificada, por la tasa de disparo de los potenciales de acción. Esta codificación es obtenida por un conjunto especial de canales iónicos presentes en gran cantidad en la base del axón, cerca del cuerpo celular.

1.4.3. POBLACIONES NEURONALES

En general, la distribución del potencial de una población de neuronas es igual a la suma de las distribuciones de potencial individuales de cada neurona. Para comprender los fenómenos del EEG siempre habrá que considerar la actividad de poblaciones de neuronas. Las señales de EEG sólo se pueden medir a una distancia considerable de la fuente si las neuronas responsables están dispuestas de forma regular y se activan de forma más o menos sincrónica [68] [69][335].

Una disposición típica es la de empalizada (Figura 10), en la cual las neuronas están distribuidas con los ejes principales de las ramificaciones dendríticas paralelos entre sí y perpendiculares a la superficie cortical. En una de esas disposiciones, cuando las neuronas se activan de una forma sincrónica a través de sinapsis con las dendritas próximas, fluirán corrientes extracelulares; sus componentes longitudinales se sumarán, mientras que los componentes transversales tenderán a cancelarse. El resultado es una corriente laminar a lo largo de los ejes principales de las neuronas. La corriente de membrana que resulta de la activación al nivel de la sinapsis, puede ser una corriente iónica tanto positiva como negativa dirigida hacia el interior de la célula. Dado que no hay acumulación de carga en ningún punto del medio, la corriente inyectada al nivel sináptico es compensada por otras corrientes que fluyen en el medio [277].

A nivel de la sinapsis y en el caso de un PPSE, la corriente sináptica es transportada por iones positivos; en el caso de un PPSI, la corriente es transportada por iones negativos. Como la dirección de la corriente se define a partir de la dirección según la cual la carga positiva es transportada, la corriente

iónica apunta hacia el medio intracelular en un PPSE y hacia el medio extracelular en un PPSI. Por esta razón, es como si hubiera un sumidero activo en el caso de PPSE y una fuente activa en el caso de un PPSI. El potencial extracelular en el primer caso es negativo y en el segundo, positivo [335].

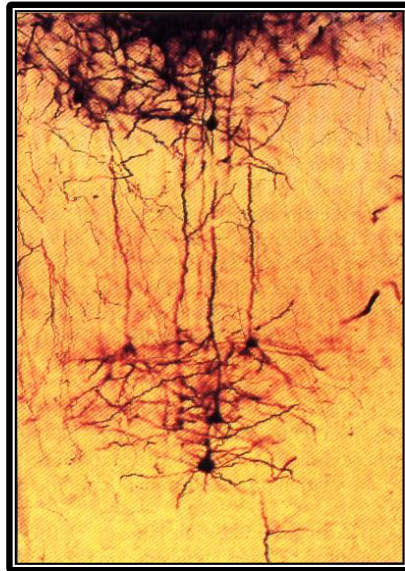


Figura 10 – Una empalizada de células piramidales [39]

Podemos entonces afirmar que a nivel macroscópico el campo potencial generado por una empalizada de neuronas activadas sincrónicamente se comporta como una capa de dipolos [285]. Los potenciales postsinápticos, en poblaciones neuronales con una distribución espacial adecuada, pueden ser fuentes de distribuciones de potencial que pueden ser medidas a distancia y, consecuentemente, son también fuentes de señales de EEG. En general, los potenciales de acción no generan señales de EEG. En primer lugar, la variación del potencial de membrana provocada por un potencial de acción genera un campo equivalente a un dipolo único perpendicular a la membrana, porque la porción de membrana despolarizada en un momento específico es muy pequeña. Por el contrario, la despolarización de un potencial postsináptico conducido electrónicamente se extiende, en cualquier instante, a una gran porción de la membrana; y por esa razón, genera un potencial que corresponde al de una capa de dipolos, con los dipolos perpendiculares a la membrana.

También se observa que se atenúa menos rápidamente con la distancia que el del potencial de acción. En segundo lugar, los potenciales de acción, debido a su corta duración (1-2 ms), tienden a superponerse menos que los potenciales postsinápticos (PPSI y PPSE) que duran más (10-250 ms). Si por casualidad los potenciales de acción se producen simultáneamente, la distribución de un potencial de acción puede entonces registrarse a distancias relativamente grandes en la forma de lo que se llama un potencial de acción compuesto.

La propagación de actividad eléctrica en la corteza puede presentar un fenómeno interesante de dilatación temporal; un EEG transitorio registrado en la corteza parece ser más corto que el transitorio registrado simultáneamente en el cuero cabelludo. La razón es que un dipolo móvil puede ser observado durante más tiempo cuando se observa a distancia, que de cerca [277].

Las distribuciones de potencial también son influenciadas por la existencia de regiones con diferentes conductividades o heterogeneidades. Tienen que ser consideradas las capas que rodean el cerebro: el fluido cerebroespinal, el cráneo y el cuero cabelludo. Estas capas son responsables, en parte, de la atenuación de las señales de EEG. Tenemos entonces que calcular la distribución de potencial generada por un dipolo en el cerebro, en la superficie de las distintas capas, o sea, resolver el problema de las fronteras [277][335].

Además de la no unicidad de solución del *problema inverso*, existe otro problema relacionado con el método de medición diferencial. Se miden diferencias de potencial entre dos puntos sin un punto de referencia ideal. La forma de superar este problema es hacer consideraciones específicas sobre las fuentes intracerebrales consideradas como las generadoras de determinado EEG y hacer un modelo de los medios de conducción situados entre las fuentes y los electrodos. De este modo se pueden comparar los resultados experimentales con los teóricos.

El primer registro de EEG fue efectuado por Hans Berger en 1929 [42] y fue él quien distinguió diferentes tipos de patrones que presentaban frecuencias y amplitudes diversas. Las llamadas ondas alfa, beta, theta y delta [213]. La actividad alfa presenta un patrón rítmico de amplitud elevada con una banda de

frecuencia de 8-12 Hz [278]. La actividad beta presenta un bajo voltaje y una frecuencia superior a 13 Hz [65]. La actividad theta tiene una amplitud media y una frecuencia de 5-7 Hz. Por último, las ondas delta son lentas, con una frecuencia inferior a 4 Hz y una amplitud elevada. Como veremos cuando analicemos el sueño, estos diferentes patrones serán importantísimos en la distinción entre las diferentes fases del sueño (Figura 11).

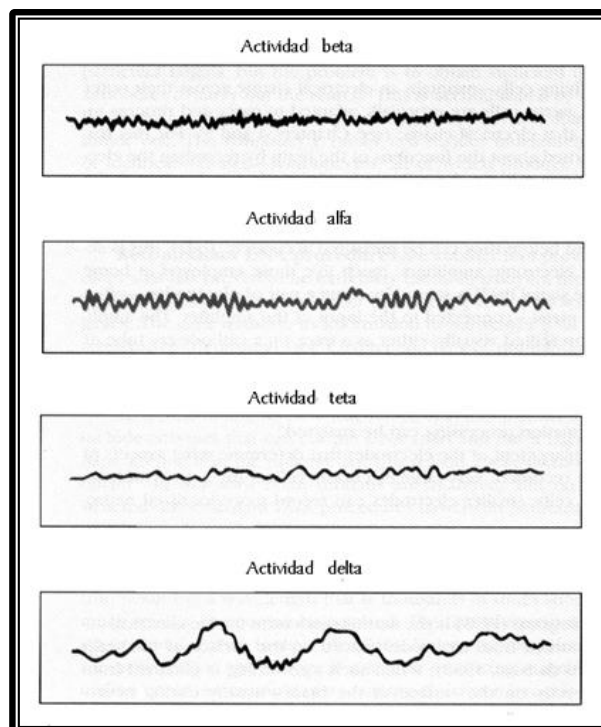


Figura 11 – Ritmos típicos del EEG

1.5. IMAGINERÍA VISUAL Y PERCEPCIÓN VISUAL

*¿Qué es un aparato de televisión para el hombre,
que sólo tiene que cerrar los ojos para ver a las
regiones más inaccesibles de lo visto y lo no
visto, que sólo tiene que imaginar el fin de
penetrar a través de paredes y hacer todas las
bagdadí planetarios de sus sueños a levantarse
del polvo?*

Salvador Dalí

La cuestión sobre imagería visual (producción de imágenes visuales mentales) y percepción visual sigue siendo una cuestión abierta. Muchos estudios [34][103][131][248][251][252][253][254][261][332][342][368][371][372][413][414][418] han tratado de entender si los dos procesos comparten los mismos mecanismos o si son independientes, utilizando diferentes sustratos neuronales. La mayor parte de la investigación se ha dirigido hacia la necesidad de la activación de las áreas visuales primarias durante la imagería visual.

En este apartado revisaremos algunos de los trabajos que proporcionan evidencia para ambas posturas. Parece que el estudio de la imagería visual en ciegos se puede utilizar como una forma de responder a algunas de estas preguntas, a saber, si es posible tener imágenes visuales sin percepción visual.

Las características y las bases neurales de la imagería visual siguen siendo un campo fértil de investigación [292]. En los últimos 25 años muchos autores se han dedicado a tratar de comprender los mecanismos subyacentes a los procesos de evocar o imaginar imágenes no directamente observadas y para las cuales no hay representaciones retinianas: "ver con el ojo de la mente" [375]. La cuestión remanente es si esas imágenes están basadas en contribuciones de

áreas visuales primarias o áreas visuales superiores, o si la imaginería visual y la percepción visual comparten los mismos mecanismos y áreas corticales [13].

Cuando vemos un objeto, podemos reconocerlo porque las diferentes características del objeto se juntan a través de un mecanismo de unión. Esto puede hacerse a través de la activación de una población de neuronas o representado en una hipercolumna en la corteza visual, pero en cualquier caso tiene un patrón específico que permite que ese objeto sea reconocido como único. Pero también podemos "ver" el mismo objeto con los ojos cerrados y las diferentes características se mantienen. Por lo tanto, debe activarse el mismo patrón que antes. ¿Cómo se puede hacer esto sin aportes de retina? ¿Es necesario reactivar todas las áreas visuales, es decir, la corteza visual primaria, o puede hacerse sólo a través de la activación de áreas superiores?

La dificultad de estudiar la imaginería visual reside en la poca objetividad de la evaluación de sus procesos. La experiencia de imaginería visual, a diferencia de los estudios de memoria, lenguaje y control motor, es personal y de difícil acceso [251]. Por otro lado, la complejidad del sistema visual aumenta con el hecho de que la información neural relacionada con la forma, el movimiento y el color, no es llevada por una sola vía jerárquica sino por al menos tres (y posiblemente más) vías de procesamiento paralelas e interactuantes en el cerebro [131]. Estas vías de procesamiento paralelo plantean otra pregunta: ¿cómo se reúne la información por tres vías separadas en una sola imagen? La respuesta nos lleva a una cuestión central en la cognición: *the binding mechanism* (el mecanismo vinculante) [413][414].

Dado que tantas áreas distintas interactúan entre sí, cada una de ellas tratando sobre diferentes atributos y características de las imágenes, la pregunta es si la reevocación de imágenes debe activar todas ellas y todos los niveles jerárquicos. Existen tres hipótesis principales sobre este tema: a) Existe una separación anatómica entre las áreas corticales visuales utilizadas por la imaginería visual y las que sirven a la percepción visual; b) Las áreas utilizadas para la imaginería visual forman un subconjunto de las involucradas en la percepción; c) Las áreas utilizadas por la percepción y la imaginería visual son las mismas [371].

1.5.1. MECANISMOS COMPARTIDOS

La mayoría de los estudios previos sobre imaginería visual se basaron en la psicología cognitiva y sólo los avances en las técnicas de neuroimagen, tomografía por positrones (PET) y resonancia magnética funcional (fMRI), han demostrado que las imágenes mentales utilizan muchas de las estrategias implicadas en la percepción [253][440]. Kosslyn defiende que la imaginería, al igual que otras funciones cognitivas, no es una capacidad aislada e indiferenciada sino más bien un conjunto de habilidades que pueden estar afectadas de forma independiente. Cuando los sujetos giran mentalmente patrones, sus lóbulos parietales (a menudo bilateralmente) y los lóbulos frontales derechos son, típicamente, fuertemente activados [103][228][252][332][368]. Cuando visualizan patrones previamente memorizados para juzgar si son más largos o más anchos, las áreas activadas son el lóbulo occipital y la corteza de asociación izquierda [254].

Kosslyn defiende que la construcción de la imagen visual se hace paso a paso y que las imágenes se construyen mediante la activación de partes individuales, imaginadas aproximadamente en el mismo orden en el que se dibujan normalmente [248]. Este resultado está en línea con los dos sistemas visuales propuestos: ventral (análisis de la forma) y dorsal (análisis de localización) [418]. En un estudio [249], les pidió a los sujetos que imaginaran una letra mayúscula con los ojos cerrados; si la letra era grande las áreas activadas eran la porción anterior de los lóbulos occipitales medianos, si era pequeña, se activaban las áreas posteriores. Estos resultados se confirmaron con estudios de PET que mostraban una activación del área 17 cuando los sujetos formaban imágenes visuales mentales [117][255][256]. Los resultados indican que las imágenes mentales visuales implican representaciones "pictóricas" y no sólo descripciones de tipo lingüístico.

En 1999, Kosslyn y colaboradores [254] exploraron la activación del área 17 con dos técnicas convergentes: PET y estimulación magnética transcraneana repetitiva (rTMS - *repetitive transcranial magnetic stimulation*) mostrando el uso de la corteza visual primaria tanto en imaginería visual como en percepción

visual. En la primera tarea, los sujetos cerraban los ojos durante el PET mientras visualizaban y comparaban propiedades de cuerdas. En la segunda tarea, el desempeño del procedimiento anterior disminuyó cuando fue precedido por rTMS en la corteza occipital medial.

Kreiman midió registros de neuronas individuales en el lóbulo frontal medial humano mientras que se pidió a los sujetos que imaginaran imágenes previamente observadas para investigar los sustratos neuronales de recuerdo visual [261]. Se encontraron neuronas únicas en el hipocampo, amígdala, corteza entorrinal y giro parahipocampal que selectivamente alteraron sus tasas de disparo dependiendo del estímulo que los sujetos estaban imaginando. El estudio reveló un sustrato común para el procesamiento de la información visual entrante y el recuerdo visual.

La mayor parte de la investigación sobre imaginería visual busca la activación en las áreas visuales primarias. Estas áreas están organizadas topográficamente preservando, por lo tanto, de la misma manera, la geometría espacial de la retina y, además, los patrones de activación en estas áreas evocan la forma. Si estas áreas se activan durante la imaginería visual, esto significa que las imágenes se basan en representaciones que muestran la información en lugar de describirla, es decir, la imaginería visual se basa en imágenes verdaderas [253]. Esta idea podría implicar que la imaginería puede alterar o modular lo que realmente estamos viendo con fuertes implicaciones en el testimonio de testigos oculares y en la veracidad de la memoria visual. Lo que favorece esta idea son los resultados de Le Bihan y colaboradores que muestran a través de un estudio de resonancia magnética que las mismas áreas de la corteza visual temprana (áreas V1 y V2) que son excitadas por la estimulación visual también se activan durante las representaciones mentales del mismo estímulo [268].

La activación occipital durante la imaginería visual, o más exactamente la activación del área 17, no está presente en todos los estudios [395]. Parece que para algunas tareas la imaginería se basa en representaciones pictóricas del lóbulo occipital; sin embargo, cuando la tarea no implica la reconstrucción geométrica detallada de una forma, la imaginería no necesita evocar un patrón de activación en las áreas corticales mapeadas topográficamente [251]. Otros

autores defienden que la imaginería visual se implementa a través del mismo mecanismo neuronal que subyace a la búsqueda de memoria en la visión y proponen un modelo unificador para la percepción y la imaginería [378].

1.5.2. MECANISMOS SEPARADOS

Bartolomeo defiende que el modelo de Kosslyn para la relación imaginería-percepción no logra predecir los patrones observados de desempeño en pacientes con lesiones cerebrales, desafiando los argumentos de Kosslyn que defienden la necesidad de la activación primaria de la corteza visual para la imaginería visual [34].

Farah [153] midió los potenciales eléctricos relacionados con eventos (ERPs – *Event-Related electric Potentials*) en el cerebro durante una tarea que requirió la detección de letras visuales que eran congruentes o incongruentes con las letras que se les había encargado imaginar. Sus hallazgos indicaron un efecto "específico para el contenido" de la imaginería en las primeras etapas del ERP, en el sentido de que imaginar una letra congruente con otra presentada visualmente tuvo un efecto mayor en el ERP que imaginar una letra incongruente. Además, el mayor efecto ERP se localizó en los electrodos que registraban la actividad del lóbulo occipital. Este patrón sugiere que las instrucciones para formar imágenes producen actividad en centros visuales conocidos para procesar información visual externa y también que las imágenes y representaciones perceptivas de las letras pueden compartir un lugar neural común. Sin embargo, aunque es difícil distinguir la actividad en la corteza visual primaria de la de las áreas visuales de asociación sobre la base de esas técnicas, los resultados de los ERPs sugieren que la corteza visual primaria probablemente no esté involucrada: la imaginería tiene su efecto más temprano en el ERP visual para la latencia del primer componente negativo con un supuesto origen extraestriado [152]. Esto es consistente con los resultados de los registros de una sola unidad en monos conscientes, mostrando efectos

cognitivos sobre la actividad neuronal en la corteza visual secundaria, pero no en la primaria [327].

Otro estudio con fMRI mostró que el lóbulo temporal inferior izquierdo era el área más fiable y fuertemente activada entre los sujetos, pero algunos sujetos tenían actividad que se extendía superiormente hacia la corteza occipital de asociación [113]. Los resultados de Knauff y colegas, también con fMRI, no apoyan la hipótesis de que la corteza visual primaria esté involucrada en imaginación visual mental, sino más bien que parece estar involucrada una red de subsistemas espaciales y áreas visuales superiores [246]. Los resultados apoyan la hipótesis de que la imaginación visual es una función de la corteza visual de asociación.

Roland y Gulyás [371] afirman que las áreas utilizadas para la imaginación visual son áreas asociativas parieto-occipitales y temporo-occipitales que representan tan sólo un pequeño subconjunto de las áreas visuales involucradas en la percepción.

Estudios de PET han demostrado la activación de la corteza occipital superior, de la corteza parietal inferior y de la corteza premotora durante la construcción mental de imágenes 3D; no se observó ninguna activación de las áreas visuales primarias [311], fallando en proporcionar evidencia de que la corteza visual primaria está involucrada en la generación de imágenes visuales [100]. La identificación de los campos funcionales corticales involucrados en alcanzar objetos en el espacio extrapersonal y los campos específicos que representan la información visual del objeto en la memoria a largo plazo no mostraron la activación del lóbulo occipital con la excepción del giro lingual cercano al surco parieto-occipital [240].

En otro estudio, las áreas visuales occipitales activadas en la percepción de los patrones no se activaron en la imaginación y algunos campos prefrontales superolaterales fueron activados en imaginación, pero no en percepción [372]. Estos resultados indican que las áreas visuales tempranas no están involucradas en imaginación visual de escenas, patrones únicos o patrones geométricos múltiples en ninguna extensión significativa [371].

Mellet registró el flujo sanguíneo cerebral regional (rCBF) mientras los sujetos realizaron una tarea que requirió imaginación mental visual de alta resolución, con el fin de abordar la controversia sobre la activación del área visual primaria durante las imágenes mentales visuales [312]. Los resultados no revelaron activación en el área visual primaria para imaginación basada en descripción verbal, proporcionando una fuerte evidencia de que la imaginación basada en descripciones verbales puede requerir regiones que se sabe que están involucradas en el procesamiento visual de alto orden.

1.5.3. EVIDENCIAS CLÍNICAS

Hay varias evidencias clínicas que indican que diferentes áreas están involucradas en cada uno de los dos procesos. Los pacientes con lesiones localizadas pierden la capacidad de imaginar imágenes mientras que preservan la percepción visual y viceversa [36][41][107]. En este último estudio se concluyó que las representaciones internas ricas se pueden activar para apoyar la imaginación visual incluso cuando no pueden producirse percepciones de objetos visualmente mediadas [41].

En un paciente con lesiones bilaterales de la corteza temporo-occipital, con agnosia, alexia, acromatopsia y prosopagnosia, la imaginación mental estaba perfectamente conservada para las mismas entidades: reconocimiento de objetos, lectura, color y procesamiento facial [35]. Los autores defienden que los resultados apoyan la existencia de diferentes mecanismos para percepción visual e imaginación visual. En un estudio distinto, la imaginación visual permaneció conservada en un paciente con ceguera cortical total después de infartos bilaterales de la arteria cerebral posterior [173]. La paciente negó su ceguera confundiendo las imágenes mentales con las percepciones visuales. Parece que el daño severo de la corteza visual primaria es compatible con la imaginación visual, sin embargo, debe considerarse la posibilidad de la existencia de pequeñas islas de la corteza visual, permitiendo la generación de imágenes visuales.

1.5.4. ACTIVIDAD ALFA Y LA IMAGINERÍA VISUAL

Se sabe que existen correlaciones entre el electroencefalograma (EEG) y la actividad visual [81]. El ritmo alfa es mayoritariamente generado en la corteza visual, ocurriendo en el intervalo de frecuencias 8-13 Hz.

Muchos autores consideran la atenuación o bloqueo de la actividad alfa como un indicador de la existencia de una imagen visual en general [33][80][180][387][433][434]. La atenuación de la potencia del alfa con los contenidos visuales también se confirmó en sujetos observados durante la exploración visual por Goldie [174]. La potencia del alfa fue menor en el hemisferio derecho cuando los sujetos realizaron una tarea imaginativa de rotación de bloques y se suprimió cuando los sujetos observaban o jugaban al *PONG* (el popular y antiguo videojuego para televisión) [361]. Ver *PONG* fue tan efectivo como jugar al juego en la producción de asimetría alfa en la región parietal, pero la participación motora mejoró la asimetría en las derivaciones centrales y temporales. Las bandas de frecuencia EEG se correlacionan con imaginación visual y pensamiento abstracto; y la potencia del alfa se ve más afectada por los pensamientos visuales que por los pensamientos abstractos [269][270].

La actividad alfa parieto-occipital se suprimió fuertemente cuando los sujetos visualizaron y evaluaron letras, pero formar una imagen visual causó menos supresión que la inspección directa del patrón de imágenes [379]. Los estudios de magnetoencefalografía también han mostrado un amortiguamiento de la actividad alfa dentro de los 200 ms después de la aparición de un estímulo visual y también durante imaginación visual [193].

1.5.5. ESTUDIOS CON CIEGOS

Los estudios en sujetos ciegos también se han utilizado para investigar imaginación visual en ausencia de visión. Alemán y sus colegas exploraron la capacidad de sujetos ciegos congénitos en la realización de tareas que están mediadas por imágenes mentales visuales en sujetos videntes [5]. Los sujetos

realizaron dos tareas: una tarea pictórica donde compararon mentalmente la forma del contorno de los objetos y otra espacial, donde tenían que imaginar un camino imaginario a través de matrices 2D y 3D. Aunque los sujetos ciegos se comportaron peor que los videntes, pudieron realizar ambas tareas.

Otro estudio con PET mostró que los sujetos que se volvieron ciegos muy temprano en la vida, muestran focos de activación en áreas corticales occipito-temporales y de asociación visual mientras realizan una tarea de imaginación visual (imágenes de forma de objetos) que se activa auditivamente [124]. Los resultados de Arditti y compañeros han mostrado que algunos aspectos de la imaginación pueden ser evocados por múltiples modalidades y pueden estar presentes incluso en los ciegos congénitos [20].

Las tareas de imaginación en pacientes con ceguera cortical proporcionan una fuerte evidencia de que las cortezas visuales primarias no son esenciales para la mediación de imágenes visuales recordadas de la memoria [112]. Uhl y sus colegas estudiaron los patrones de actividad cortical medidos en el cuero cabelludo en sujetos ciegos y videntes. Detectaron cambios de potencial de corriente continua (DC) relacionados con eventos (*event-related Direct Current (DC) potential*) lentos y negativos cuando los sujetos imaginaron texturas que previamente habían tocado [314][417]. Todos los sujetos afirmaron tener imágenes visuales simultáneas y se observaron cambios negativos occipitales. Aunque nunca habían tenido percepción visual, los sujetos ciegos presentaron las mismas variaciones que las observadas en los videntes, pero con una amplitud más baja.

Tres experimentos compararon adultos y niños videntes y con ceguera congénita en tareas que supuestamente implican imágenes visuales en la memoria [447]. En los tres, las actuaciones de los sujetos ciegos eran muy similares a las de los videntes.

En varios estudios con imaginación visual, los ciegos congénitos mostraron sólo ligeras diferencias en el rendimiento en comparación con los sujetos videntes [20][27][122][195][293][447]. Los ciegos pueden emplear otras estrategias para resolver los problemas planteados experimentalmente. El conocimiento espacial

y las propiedades métricas parecen estar preservadas en sujetos con ceguera congénita [191]. En las representaciones pictóricas y espaciales de matrices bidimensionales y tridimensionales de diferente complejidad, los ciegos congénitos sólo presentan peores desempeños que los videntes en los últimos niveles [104][105]. Un estudio psicológico realizado en sujetos nacidos ciegos indica que tienen capacidades para generar imágenes visuo-espaciales [422]. Kaski defiende que los estudios con ceguera congénita y cortical se oponen a la hipótesis de que la percepción visual es un requisito para la imagen visual [238].

Un tema llave en la neurociencia del desarrollo es el papel de los mecanismos dependientes de la actividad en la inducción epigenética de la organización funcional en la corteza visual. La ceguera ocular y la consiguiente privación visual es uno de los raros modelos disponibles para la investigación de la reorganización cortical dependiente de la experiencia en el hombre. En un estudio con PET se demostró que los sujetos con ceguera congénita mostraron una activación específica de áreas visuales extraestriadas y áreas de asociación parietal durante la lectura en Braille, en comparación con el procesamiento auditivo de palabras. En contraste, los sujetos ciegos que perdieron la vista después de la pubertad mostraron una activación adicional en la corteza visual primaria con las mismas tareas [9].

Los estudios en monos criados como ciegos muestran que la estimulación somatosensorial puede provocar respuestas transversales en áreas extraestriadas. Esto es consistente con las activaciones extraestriadas “*crossmodal*” provocadas por el procesamiento táctil en los ciegos congénitos [73]. Dado que la corteza visual primaria no muestra respuestas “*crossmodal*” en todos los estudios con primates, la activación diferencial en ciegos tardíos y congénitos ciegos destaca la posibilidad de activación recíproca por imágenes visuales en sujetos con experiencia visual previa [73].

1.6. EL SUEÑO: CARACTERÍSTICAS, FASES, RITMOS CIRCADIANOS Y FISIOLÓGÍA

Se puede considerar el sueño como un estado de disminución de las actividades motoras y sensitivas que se sabe que debe ser llevado a cabo periódicamente en los seres humanos y muchos animales [284]. Durante esta actividad, hay una disminución de la circulación sanguínea, de la sensibilidad, y de las respuestas involuntarias asociadas con ciertos estímulos. El sueño difiere de estados similares tales como el coma, la anestesia, la hibernación o hipnosis, debido a que la interrupción de la actividad en el sueño se puede determinar internamente y porque la posibilidad de ser despertado permanece intacta. La naturaleza del sueño siempre ha sido un área de considerable especulación y gran interés. Esto no es sorprendente, ya que un tercio de la vida de los seres humanos se invierte en esta actividad.

Modernas técnicas de investigación nos han proporcionado muchos conocimientos sobre el sueño. Los estudios llevados a cabo en laboratorios del sueño proporcionan control sobre las variables experimentales que afectan al sueño y por lo tanto son capaces de aislar y comprender los efectos de estos factores. El control se consigue sobre la base de la atenuación del sonido, regulación de la temperatura y a través del registro de medidas objetivas y monitoreo continuo [68][69][97][137][178][335][340]. Este seguimiento, llevado a cabo generalmente por la noche durante períodos de ocho horas, incluye el registro de las ondas cerebrales (EEG - electroencefalograma), de los movimientos oculares (EOG – electrooculograma) y la actividad muscular (EMG – electromiograma). Tales estudios han contribuido significativamente al diagnóstico y tratamiento de los trastornos del sueño y también en la evaluación de los efectos de algunos medicamentos en el sistema nervioso central.

1.6.1. FASES DEL SUEÑO

Uno de los primeros hechos importantes de la investigación en laboratorios del sueño fue el descubrimiento de que los Movimientos Oculares Rápidos (MOR) ocurren periódicamente durante una noche de sueño. Estos episodios de MOR son llamados sueño REM (del inglés, *Rapid Eye Movements*) y son la fase más característica del sueño. Este estado también se llama sueño paradójico y fue descrito en 1953 por Aserinsky y Kleitman [24][25].

En el sueño paradójico hay un predominio de la actividad simpática, pero los fenómenos regulados por el sistema nervioso autónomo están marcados por una variabilidad extrema, sobre todo la frecuencia cardíaca, respiratoria y de la presión arterial. La temperatura hipotalámica se eleva, mientras que los mecanismos termorreguladores dejan de funcionar, dejando al organismo dependiente de la temperatura ambiente. El consumo de oxígeno cerebral alcanza valores similares a los de la vigilia. Hay una atonía completa con la pérdida de la actividad postural. Coexisten, sin embargo, las contracciones musculares fásicas: son paradigmáticos los movimientos oculares ya mencionados y son típicas las erecciones transitorias del pene [340].

Las otras fases del sueño se denominan en su conjunto sueño no REM (NREM) o sueño lento. En este estado, la activación parasimpática es dominante, con una intensa miosis, disminución de la sudoración y pérdida de las respuestas psicogalvánicas. Además, hay una disminución en la frecuencia cardíaca media, en la presión arterial, respiratoria y en el gasto cardíaco. La temperatura central disminuye ligeramente, pero los mecanismos termorreguladores funcionan de manera similar a la vigilia. El consumo de oxígeno cerebral disminuye. El tono muscular es menor que en el estado de vigilia, con la contracción tónica del músculo orbicular de los párpados [340].

En 1968, Rechtschaffen y Kales [362] expusieron una clasificación de las diversas fases del sueño, que sigue siendo la más utilizada. Se basa en el registro de EEG, de EOG y de EMG submentoniano y cuenta con siete etapas distintas: la vigilia, el movimiento, cuatro fases de sueño lento y el sueño REM [16][168].

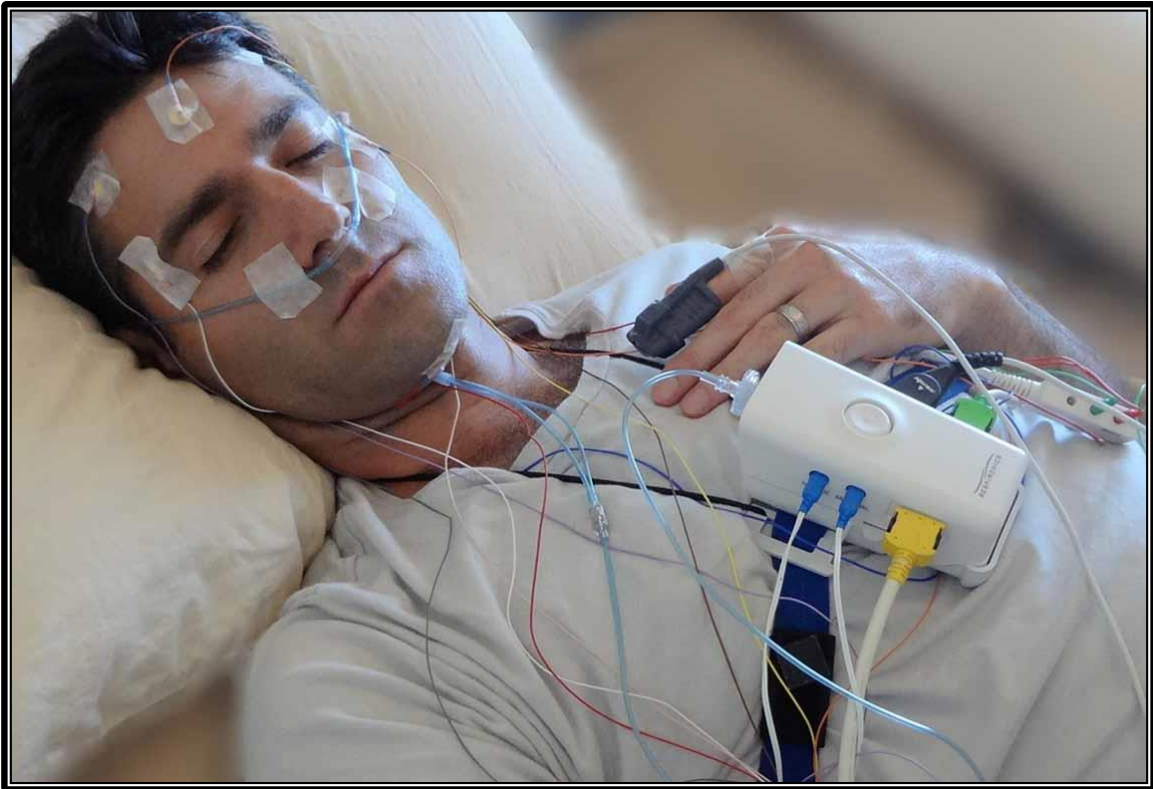


Figura 12 – Registro polisomnográfico

Las fases del sueño NREM se describen a continuación:

- **Fase 1** – período de transición de la vigilia al sueño. En esta fase se verifica la sustitución del ritmo alfa (8-12 Hz) por el ritmo theta (5-7 Hz), pudiendo, a veces, surgir los dos ritmos alternativamente. Además, son visibles en el electroencefalograma grafoelementos y actividades características: “ondas agudas del vértex” (ondas agudas negativas aisladas con mayor expresión en la región del vértice cerebral) y brotes de theta hipnagógicos o de la somnolencia. Subsisten movimientos oculares lentos en el EOG.
- **Fase 2** – la actividad básica del EEG está dominada por actividad theta, aunque puedan aparecer elementos fásicos como los husos del sueño y los complejos K. En esta fase desaparecen los movimientos oculares lentos y disminuyen las medias de las frecuencias cardíaca y respiratoria.

- **Fase 3** – aparecen ondas delta (<4 Hz) superiores a 100 μ V, que ocupan del 20 al 50% del tiempo. Aún aparecerán husos y complejos K, que pueden confundirse con la actividad básica.
- **Fase 4** – en esta fase hay un claro predominio de las ondas delta que ocupan más de 50% del tiempo. También presenta husos y complejos K.

Las fases 3 y 4 son conocidas como fases de sueño lento profundo y en ambas hay una disminución de la frecuencia respiratoria y cardiaca y una cierta disminución en el tono muscular. En el sueño lento, especialmente en las fases 2 y 3, se observa todavía la existencia de ondas agudas occipitales positivas transitorias [424]. Fisiológicamente se piensa que estos eventos pueden estar relacionados con la información visual recogida en la vigilia. Esta idea se ve reforzada por el hecho de no ser observados en sujetos con deficiencias visuales graves [67] y por existir vínculos aparentes con la actividad lambda comúnmente observada en la vigilia y durante la apertura de los ojos.

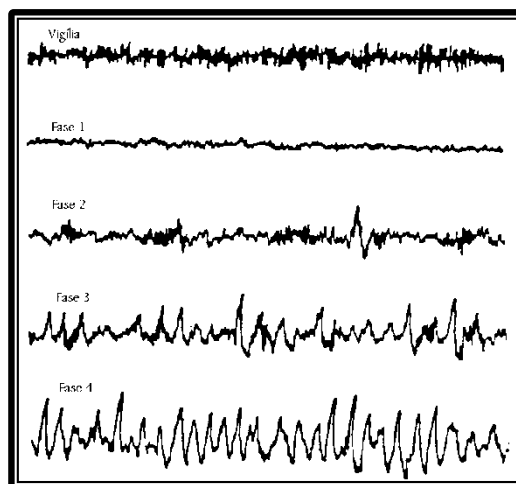


Figura 13 – EEG en la vigilia y en las 4 fases de sueño (adaptado de [39])

En el sueño paradójico hay una desincronización del EEG, es decir, no existe una actividad rítmica dominante [340]. Se trata de una característica tónica del REM, asociada con una disminución significativa y sostenida en el tono

muscular. Hay, sin embargo, otras características propias del REM, eventos fásicos, como las ondas de diente de sierra y la existencia de MORs [44].

1.6.2. LOS RITMOS CIRCADIANOS

Las transiciones entre la vigilia y el sueño y viceversa son parte del ritmo de la vida cotidiana [262]. La mayoría de las personas establecen un ciclo fijo de sueño-vigilia, acostándose aproximadamente a la misma hora cada noche y despertando a la misma hora cada mañana. Este ciclo, con un período de aproximadamente 24 horas, es un ejemplo de ciclo circadiano. Se han registrado valores de alrededor de 25 horas para los periodos en personas sin ningún tipo de referencia temporal [322]. Obviamente, estos ritmos circadianos tienen una importancia extrema en las funciones biológicas [70].

También hay ciclos más pequeños que regulan las transiciones entre las fases del sueño durante la noche. Hay un ritmo establecido para el sueño nocturno que transita entre el sueño lento y el sueño REM, con un período de unos 90 minutos. Es el ejemplo de un ritmo ultradiano, un ritmo biológico con un periodo mucho menor que 24 horas.

Hay, sin embargo, diferencias entre los patrones del sueño al principio y al final de la noche [301]. La noche comienza casi siempre con el sueño lento. La mayoría de las personas llega a la fase 4 durante el primer ciclo. Después de unos 90 minutos el individuo a menudo experimenta un corto período de REM, que marca el final del primer ciclo de sueño. A lo largo de la noche, los períodos de sueño lento se hacen más cortos y menos profundos. Es más difícil llegar a la fase 4 cerca del final de la noche. Por el contrario, los períodos REM se hacen más largos. Además, el propio ciclo del sueño se extiende, a partir de un período de unos 90 minutos al inicio de la noche a aproximadamente unos 110 minutos en el segundo y tercer ciclo. Al final de la noche, los ciclos se hacen más cortos de nuevo.

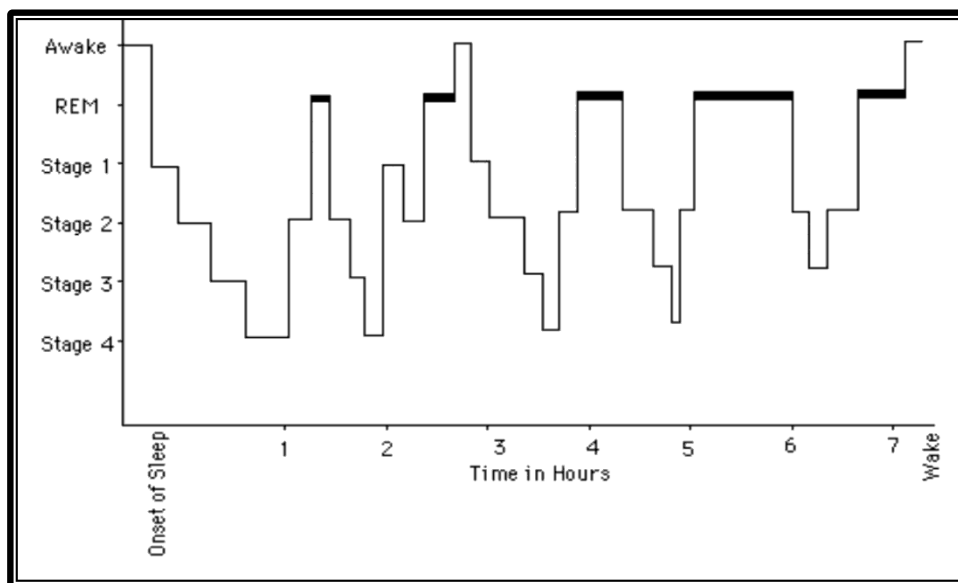


Figura 14 – Ejemplo de un hipnograma del sueño

En 1958, Lerner aisló la melatonina, una hormona secretada por la glándula pineal. A partir de entonces, se puso de manifiesto el papel desempeñado por la glándula pineal en el control de los ritmos circadianos. La melatonina se sintetiza a partir de la serotonina, en un proceso activado por la noradrenalina liberada por fibras simpáticas. Durante el día, estas fibras tienen una baja actividad y los niveles de melatonina pineal y en la circulación son muy bajos. Sin embargo, durante la noche, la inervación simpática de la glándula pineal se activa, la liberación de noradrenalina y los niveles circulantes de melatonina aumentan aproximadamente diez veces. Por lo tanto, la síntesis de la melatonina no es un proceso continuo y sus concentraciones en la sangre siguen un ritmo circadiano, con un pico durante la noche. Sin embargo, este ritmo no es intrínseco de la glándula pineal, sino que, como se deduce de la actividad rítmica del núcleo supraquiasmático (NSC) del hipotálamo, es transmitido a la glándula pineal a través de la inervación simpática [288]. Este ritmo puede ser roto por la destrucción del NSC o por la denervación simpática de la glándula pineal.

En algunos vertebrados inferiores, la luz pasa a través del cráneo y actúa directamente sobre la glándula pineal que, en tales casos, es un órgano sensorial. En los mamíferos, sin embargo, la luz sigue actuando sobre la glándula más bien indirectamente, a través de un circuito neural que consiste en las conexiones de la retina al NSC y de éste con la glándula pineal. La glándula

pineal es inhibida por la luz y activada por la oscuridad, lo que permite establecer la relación entre la glándula pineal y los ritmos circadianos. Por lo tanto, en los mamíferos, la pinealectomía provoca la desincronización de distintos ritmos circadianos. Del mismo modo, la administración de melatonina en el momento adecuado, es capaz de cambiar la fase de los ritmos circadianos, pudiendo incluso corregir alteraciones previamente existentes en estos ritmos, sincronizándolos con el ciclo externo día/noche. Actualmente, la melatonina es utilizada como cronobiótico para, por ejemplo, combatir los efectos del "jet-lag", del trabajo por turnos y de los trastornos del sueño [394].

Es sabido que las personas ciegas se quejan generalmente de somnolencia diurna. Existe una fuerte relación entre la hora del día en la cual se produce melatonina y la incidencia de tal somnolencia, lo que sugiere que una forma endógena anormal de temporizar la melatonina puede inducir somnolencia en los ciegos [26][274]. Hay estudios que sugieren que se utilice melatonina en las personas ciegas, para regular los ritmos circadianos en dosis tomadas a la hora de dormir que van desde 2,5 a 10 mg [224].

Varios estudios muestran una alta correlación entre la ceguera y los trastornos del sueño, especialmente en los niños [377][416]. También se han realizado estudios que permiten concluir que la concentración de melatonina en ciegos tiene un pico significativo cerca de las 23 horas, cuando aquellos son expuestos por la mañana a una luz brillante (3300 lux de luz fluorescente blanca). Esta exposición disminuyó la somnolencia diurna de los ciegos y mejoró su estado de ánimo [404].

1.6.3. LA FISIOLOGÍA DEL SUEÑO

Se cree que el sistema talamocortical está particularmente implicado en la génesis de los ritmos de vigilia y sueño y en su atenuación durante las alertas y el despertar. La existencia de actividades rítmicas corticales es consecuencia de una serie de factores, entre los cuales podemos destacar: las propiedades intrínsecas de las neuronas implicadas, las interacciones sinápticas entre las

poblaciones neuronales y la existencia de sincronizadores (marcapasos) [402][405]. El sistema talamocortical incluye el tallo encefálico (formación reticular), el tálamo con sus núcleos múltiples, particularmente el núcleo reticular y los núcleos con proyección cortical (proyecciones talamocorticales) y la corteza cerebral. Las neuronas talamocorticales tienen propiedades que les permiten la oscilación rítmica, cuya frecuencia depende de las entradas y del estado de equilibrio del sistema. Las neuronas del núcleo reticular del tálamo (NRT) son GABAérgicas, mientras que las neuronas de la formación reticular son colinérgicas.

Al considerar la actividad rítmica del EEG del sueño, se debe recordar las distintas zonas de transición entre sueño y vigilia y entre las diversas fases del sueño en sí, especialmente el sueño lento y el sueño paradójico. Podemos por lo tanto separar como estados distintos en relación con los aspectos del EEG: la vigilia, el sueño paradójico (SP) y el sueño lento (SL). Durante la vigilia y en el SP el EEG se presenta desincronizado, aspecto que contrasta con la sincronización del SL [21].

El EEG desincronizado de la vigilia y del SP es reflejo de activaciones talamocorticales difusas producidas por los sistemas colinérgicos del tallo encefálico y del prosencéfalo basal. Los circuitos de enlace entre el tallo y el tálamo involucrados en este efecto son antagonizados por los bloqueadores de la acetilcolina. Las neuronas colinérgicas del tallo están situadas en la unión mesencéfalo protuberancial y son proyectadas hacia los núcleos talámicos de asociación [340]. Estas proyecciones tallo-talámicas producen una excitación de las neuronas talamocorticales y bloquean las oscilaciones sincrónicas de los husos del sueño, por acción directa sobre el núcleo reticular. Esta función activadora es tónica y existe tanto durante la vigilia como durante el SP; en esta fase se requiere la acción sinérgica y adyuvante de neuronas reticulares bulbares. Los mecanismos de activación colinérgica de la corteza a través de las proyecciones talamocorticales son menos claros. En los sistemas sensoriales y motores talamocorticales hay, durante la vigilia, un aumento de las respuestas evocadas en el tálamo y en la corteza un aumento de las respuestas de latencia

corta. De hecho, durante la vigilia y el SP, hay un aumento de la transmisión sináptica sensorial en aquellas formaciones celulares.

El EEG sincronizado del SL incluye dos actividades rítmicas dominantes: los husos y la actividad basal theta-delta. Los husos son un caso paradigmático del sueño y marcan su comienzo. Se suponía que se originaban en circuitos diseminados por todos los núcleos del tálamo y la sincronización se obtendría a través de neuronas "distribuidoras", que establecerían las interconexiones [11]. Hoy en día se sabe que son generados en el NRT (núcleo reticular talámico), que funciona como un "marcapasos" y presenta conexiones con los otros núcleos talámicos. De hecho, se sabe que los otros núcleos talámicos, si están desconectados del NRT, no oscilan y que las oscilaciones rítmicas persisten en el NRT incluso cuando éste se encuentre desaferenciado. Las neuronas del NRT son GABAérgicas y generan hiperpolarizaciones rítmicas de las células talamocorticales. La activación de la producción de husos en el sistema talamocortical tiene el efecto de bloquear la información sensorial en el tálamo y así, proporcionar el establecimiento y la continuación del sueño en la corteza, liberada de los aferentes sensoriales. Es decir, el tálamo actuaría como "puerta" de la información sensorial, bloqueándola con la producción de husos.

Scofrani *et al.* estudiaron los efectos de "*inputs*" aferentes sensitivos y somatosensoriales en los generadores talámicos de husos en adultos afectados por lesiones posteriores funiculares (cinco personas), por sordera (cuatro personas) y por ceguera (cuatro personas). Analizaron la densidad, duración y frecuencia de los husos y el índice de husos durante la fase 2 del sueño NREM. Los resultados mostraron que los sujetos con lesiones sensitivas y somatosensoriales presentaban mayor incidencia temporal de husos que los del grupo control (ocho personas) y que tenían un aumento significativo en la densidad, duración e índice. Por otro lado, la frecuencia solo se modificó ligeramente. Por tanto, parece que los generadores talámicos de husos están fuertemente modulados por informaciones periféricas [383].

Es sabido que la actividad delta se produce entre las capas II/III y IV de la corteza [346][403]. Las células respectivas forman un dipolo cuya orientación es

perpendicular a la superficie cortical y, por tanto, también perpendicular al cuero cabelludo. La polaridad positiva de las ondas delta en la superficie de la corteza está relacionada con un aumento de la frecuencia de disparo en las células piramidales [340]. Además, la actividad delta aumenta cuando disminuye la actividad de las células colinérgicas corticales y viceversa [129].

En la transición vigilia-sueño y un segundo antes del primer huso, las neuronas de la formación reticular del mesencéfalo, con proyecciones talámicas para el núcleo intralaminar, dejan de disparar. La eliminación de esta aferencia produce hiperpolarización de las neuronas talamocorticales, que por efecto de rebote (*rebound*), induce un aumento de la excitabilidad, que desencadena una serie de procesos en el NRT, que tienen como resultado final la sincronización de los sistemas talamocorticales, con la generación de husos. Por otra parte, hay una reducción de la inhibición del NRT inducida por la acetilcolina, lo que hace que el sincronizador de los husos del sueño quede preparado para funcionar.

Por el contrario, en la transición sueño-vigilia correspondiente al despertar del SL (Sueño Lento), hay al menos dos tipos de efectos: la desaparición de las ondas delta por efecto colinérgico [77] y el bloqueo de los husos por acción de las neuronas colinérgicas tallo-talámicas [340]. En el despertar del SP, los efectos no son exactamente los mismos en orden inverso. Las neuronas de la formación reticular bulbar que se dirigen hacia los núcleos del tálamo con proyecciones corticales aumentan significativamente su actividad entre 30 a 60 segundos antes de la primera señal de desincronización del EEG [201], en la transición SP / vigilia. Esto se relaciona con la desincronización posterior y no con la aparición de puntas ponto-genículo-occipitales (PGO) [404].

El ritmo alfa es generado por los sistemas talamocortical y corticocorticales. En la corteza, el ritmo alfa tiene su origen en pequeñas áreas que actúan como epicentros de propagación; su dipolo equivalente se centra en el soma, en las dendritas de la base y en neuronas piramidales de las capas IV y V [364]. También se genera ritmo alfa en el núcleo geniculado lateral y el pulvinar. Este núcleo talámico tiene influencia sobre la coherencia del ritmo alfa cortical [175][279].

1.7. SOÑAR: SUEÑOS REM Y NREM, INTERPRETACIÓN, FINALIDAD, ANÁLISIS CIENTÍFICO, SUEÑOS DE LOS CIEGOS

El sueño es una secuencia de imágenes y sensaciones que se producen en el cerebro mientras dormimos [194][205]. Como hemos visto, el sueño donde más se sueña se llama paradójico, debido a las contradicciones aparentes entre un cerebro excepcionalmente activo y un cuerpo prácticamente inactivo. La paradoja del sueño es que el cuerpo está inmóvil, pero el cerebro transmite la sensación de libertad ilimitada de movimientos [310]. Por esta razón, el sueño es el único estado de la conciencia, más allá de la locura y alucinación, en el que tenemos la experiencia de una existencia plena en un mundo que no tiene existencia objetiva [161][162][163].

Es un mundo que contrasta con la vida cotidiana que transcurre en la rutina, en el paso monótono del tiempo y en la relativa falta de aventura. Al contrario, para el soñador², todos los sueños son aventuras inesperadas, incluso cuando su relato posterior no denote ningún interés mayor. En un sueño, todo cuenta, todos los eventos se viven con intensidad. El sueño es como el arte, en el que incluso los acontecimientos más triviales son transportados a un nivel más elevado del ser. De hecho, tal vez fuese más correcto decir que el arte es como el sueño, ya que este precede al arte tanto en su historia como en su psicología individual. Las imágenes del poeta no son más que refinamientos de la capacidad onírica para crear mundos imposibles y para suspender nuestra incredulidad en su existencia.

Hay que distinguir entre sueños REM [207][298] y sueños NREM. Mientras que aquellos suelen estar relacionados con un fuerte componente de imaginación, donde hay movimiento y acción, estos son a menudo caracterizados por pensamientos vagos, divagaciones, conjeturas, etc. Es común que los informes

² La palabra soñador en el lenguaje cotidiano significa aquel que divaga, que fantasea o que sueña despierto; casi nunca se utiliza la palabra en su sentido original, como el que sueña, el que tiene una experiencia onírica. En este trabajo se optó por usar la palabra soñador con este último sentido, el individuo que sueña.

oníricos reflejen esta caracterización diferencial: cuando un individuo es despertado durante la fase de sueño REM, comienza su relato con la frase paradigmática "Yo estaba soñando con...". Por el contrario, si se le ha despertado durante la fase de sueño NREM (más precisamente en la fase 2), su relato comienza con "Yo estaba pensando en....". Es decir, el propio soñador, de forma inconsciente, hace la diferencia entre las cualidades de los dos tipos de sueño [18][85][146].

La distinción entre imaginación y realidad desaparece en el sueño. Como dice Jean-Paul Sartre en el libro *La Psicología de la Imaginación* [382], en el estado onírico nos falta la "categoría del real". La conciencia queda desesperadamente prisionera del sueño y no tiene más remedio que caminar a través de sus producciones imaginarias. Durante el sueño, incluso los estímulos externos son integrados en el sueño, como si emanaran de él. Esta pérdida de conexión con el mundo real tiene dos consecuencias importantes.

En primer lugar, las imágenes visuales que son débiles o tenues durante el pensamiento en vigilia, se convierten en imágenes o escenas reales y nítidas en el sueño. Esto se debe a que no tienen que competir con las distracciones de la vida cotidiana, en la que muchas cosas rivalizan por captar la atención. Los sueños son los ejemplos más puros de la capacidad del cerebro para condensar los sentimientos en imágenes que forman una estructura narrativa. Estas tramas oníricas, por más extrañas que puedan parecer al despertar, son notables no sólo por su vivacidad, sino por la coherencia que alcanzan en términos de continuidad. Esta característica del sueño llevó a muchos teóricos a creer que los sueños deberían hacerse con antelación y ser almacenados por el cerebro para su uso posterior [29][50][75][102][110][111][126][150]. Puesto que no hay evidencia de esto, parece más plausible suponer que el sueño es simplemente la transformación de pensamientos no sensoriales en imágenes.

El sueño no tiene tiempo para pensar, ya que es él mismo, el pensamiento, a medida que progresa. Los miedos, ansiedades y temores del soñador acerca de los eventos del sueño se producen a la velocidad del sueño. Si tenemos miedo de que el monstruo encuentre nuestro escondrijo, será casi cierto que lo encontrará (a menos que el sueño pierda el interés en nuestra triste situación).

Si una escena nos recuerda a un amigo de la infancia, ese amigo aparecerá repentinamente, etc. En el sueño, somos simultáneamente escritor, productor, estrella y público de una ficción instantánea. El sueño se escapa, por lo tanto, a la voluntad y a la responsabilidad del individuo, ya que su dramaturgia nocturna es espontánea e incontrolada. Es por ello que el sujeto vive el drama soñado como si realmente existiera fuera de su imaginación. La conciencia de las verdades se borra, el sentido de identidad se aliena y se disuelve. El sueño es la expresión de esta actividad mental que vive en nosotros, que piensa, siente, prueba y especula; al margen de nuestra actividad diurna y en todos los niveles, desde el plano más biológico al más espiritual del ser, sin que lo sepamos.

Una segunda consecuencia de la pérdida de la "categoría del real" es que el lenguaje, tan dominante en la vida de vigilia, tiene un papel menos importante en los sueños; lo mismo pasa, en general, con los sonidos. Todo existe como una imagen visual. Pero esta noción es engañosa, ya que la imagen visual contiene en sí misma un tipo de lenguaje. Es decir, todo en el sueño está impregnado de los pensamientos y sentimientos del propio sueño. Por esta razón, el discurso - que es principalmente una herramienta de comunicación - es necesario, porque el propio sueño es a la vez una imagen y una conversación implícita. Incluso los objetos (árboles, animales, casas) parecen tener conciencia y pueden ser capaces de hablar con o sin palabras. Podemos llevar a cabo un diálogo con una serpiente o un coche, aunque no sea intercambiada ninguna palabra. Se puede decir que el cerebro lee la mente, aunque el soñador no se dé cuenta de este hecho, porque no sospecha que todo en el sueño es una extensión de su propia conciencia.

Los sueños raras veces reproducen experiencias pasadas o recientes como en la realidad han sucedido. El principio rector de la construcción onírica parece ser lo que Freud ha llamado su calidad Parnasiana³. En otras palabras, los sueños reúnen personas y eventos dispersos sin respetar el espacio ni el tiempo del

³ Parnaso era una montaña sagrada en Grecia dedicada a Apolo y las musas y, como tal, la morada de la música y la poesía.

evento real, como la reunión de poetas y filósofos mundiales en las pinturas Parnasianas de Rafael, Mantegna y otros.

Los sueños no están interesados en revivir el pasado del soñador sino que presentan una versión imaginaria de su historia psíquica, como los novelistas transportan sus memorias del mundo empírico a través de un filtro imaginario que las reorganiza de acuerdo con un orden temático. Incluso las personas importantes en la vida del soñador aparecen o como composiciones de sí mismas con otras personas, o como composiciones de aquellas personas a lo largo del tiempo, salidas de la memoria del soñador. Esta cualidad extratemporal de la imagen onírica es probablemente la principal causa de su vivacidad. Soñamos con la imagen no a partir de una fotografía archivada en la memoria, sino de la imaginación, es decir, de una biblioteca neuronal de similitudes metafóricas: la imagen es mitad sentimiento y mitad objeto. Incluso las propias ideas pueden convertirse en objetos en los sueños.

De algún modo, es obvio que los sueños son una distorsión de la realidad, pero en muchos casos esto es una visión parcial. La imagen onírica es, literalmente, una metáfora: la similitud se convierte en la identidad y sólo cuando despertamos pensamos en el sueño como extraño o irreal. En este momento, el sueño comienza a ejercer su fascinación como la otra realidad, un mundo perdido en el que, se sospecha, viven los secretos más profundos de nuestro ser, que nos son murmurados por una voz extraña.

El sueño despierto, manteniendo las proporciones adecuadas, se puede comparar con el sueño nocturno, tanto por los símbolos que pone en acción, como por las funciones psíquicas que es capaz de rellenar.

En la vigilia, el sueño se apodera imperceptiblemente de la persona y genera una cierta falta de memoria, o más bien, una memoria que se transfiere a un nivel de conciencia que no lo puede asimilar. Por lo tanto, el sueño se convierte en el germen de la obsesión, del cambio de la realidad. Por el contrario, si se transfiere a un nivel apropiado de la conciencia, al lugar donde la conciencia y el alma entran en simbiosis, se convierte en forma de creación, tanto en el proceso de la vida personal, como en la ejecución de una obra.

1.7.1. LA INTERPRETACIÓN DE LOS SUEÑOS

Como resultado, la primera pregunta que surge respecto al sueño es: ¿qué significa? Desde la famosa interpretación de José, del sueño del Faraón sobre las vacas gordas y magras, hasta el presente, los sueños han sido considerados como un lenguaje simbólico a través del cual la naturaleza o los dioses, o algún espíritu interior, se comunican con nosotros. El antiguo Egipto atribuía a los sueños un valor sobre todo premonitorio. Sacerdotes, escribas sagrados u onirocríticos interpretaban en los templos los símbolos de los sueños, de acuerdo a claves transmitidas a través del tiempo.

La oniromancia, o adivinación por medio de la interpretación de los sueños se practicaba en todas partes. Para los indígenas de las Islas Andamane, los sueños son producidos por el alma, que se considera la parte mala del ser. Ella sale de la nariz y hace fuera del cuerpo las proezas de las que el hombre se da cuenta en el sueño. Para todos los indios de América del Norte, el sueño es la última y decisiva señal de la experiencia. Para los bantúes del Congo, algunos sueños son producidos por las almas que están separadas del cuerpo durante el sueño y que van a hablar con las almas de los muertos. Estos sueños tienen un carácter premonitorio sobre la persona, o pueden ser verdaderos mensajes de los muertos a los vivos, de interés para toda la comunidad [225][260][267][302][340][396].

En cuanto a la interpretación de los sueños, la figura más importante es Sigmund Freud (*Interpretation of Dreams*, 1900) [167]. Frente a las distorsiones del sueño sobre la experiencia vivida, Freud explica que el sueño era un rompecabezas y que, con la comprensión adecuada, podría ser decodificado y utilizado como instrumento en el psicoanálisis de sus pacientes con neurosis. Freud creía que los sueños eran "guardianes del sueño" y que estaban cargados con materiales psíquicos, sensoriales, que emergían del *id* (inconsciente), transformados en imágenes que tenían un contenido latente en una forma encubierta. Por lo tanto, según Freud, no habría sueños inocentes; todos los sueños serían lobos con piel de oveja. Más específicamente, todos los sueños serían consecuciones disfrazadas de los deseos reprimidos.

Para averiguar el significado del sueño, Freud pensaba que el trabajo de represión se llevaba a cabo por cuatro procesos psíquicos: condensación, desplazamiento, simbolización y contradicción. Los sueños reprimían pensamientos volátiles fundiendo varias cosas en una sola imagen (condensación), convirtiéndolos en cosas similares (desplazamiento), o en cosas que parecen ser lo contrario de lo que son (contradicción). La simbolización se lleva a cabo durante los sueños. Las teorías freudianas han sido objeto de revisiones y extensiones [60][79][83][229][230], pero siguen teniendo influencia en las teorías de los sueños, no sólo en el psicoanálisis, sino también en la interpretación del arte y la literatura como teniendo un significado inconsciente. Hubo, sin embargo, muchos desafíos a la teoría, empezando por el filósofo Ludwig Wittgenstein y por el compañero de Freud, Carl Jung. Tanto uno como el otro han planteado ciertas reservas en cuanto a su labor de disfrazar. Wittgenstein dijo que, si un símbolo en un sueño no se percibía, entonces no actuaba como un símbolo y, por tanto, no habría ninguna razón para tratarlo como tal [437]. Jung creía que los sueños son parte de la naturaleza, que no tiene intención de engañar, sino de expresar algo de la mejor manera que sabe [232].

Más recientemente, con el avance de la neurofisiología, los científicos empezaron a interpretar las llamadas “distorsiones de los sueños”, como expresiones de un proceso asociativo normal en el que el cerebro clasifica la información percibida que llega y la correlaciona con la información ya almacenada en su memoria. A los sueños no parece importarles si les prestamos atención o no. De hecho, la mayoría de los sueños se olvidan inmediatamente. Los sueños, ya sean recordados o no, parecen ser esenciales para el equilibrio psíquico de una manera que parece tener poco que ver con su significado [110][111].

Una de las teorías post-freudianas más provocativas es la del psicólogo y analista informático Christopher Evans [150]. Evans no está de acuerdo con la teoría de Freud de que los sueños son los guardianes del sueño. En su lugar, defiende que el cuerpo necesita dormir para dar tiempo al cerebro para soñar. No dormimos porque estamos cansados, sino porque el cerebro necesita (en el

lenguaje de programación) estar un tiempo "desconectado" (*off-line*) para procesar la enorme cantidad de información absorbida durante el día. Si el cerebro debe para ello comportarse de manera parecida al ordenador, sólo hay una forma de hacerlo: el cerebro debe cerrar todos los canales de entrada y perder sus defensas mientras examina las experiencias sensoriales del día, correlaciona sus viejos programas (memoria a corto y largo plazo), incluyendo los relativos a la conducta social: habilidades, maneras, conflictos futuros y presentes. En la definición de Evans, el sueño es una parada momentánea de la mente consciente en el material que está siendo analizado, modificado, etc., durante el sueño REM; aunque la experiencia onírica pueda representar solamente una pequeña fracción de todo el trabajo onírico llevado a cabo por los circuitos cerebrales corticales.

En otras palabras, si el sueño no distorsiona, si solo representa todo como fue percibido durante la vigilia; estaría fuera de los principales procesos del cerebro cuya función no es repetir lo que ya sabe, sino preparar el cuerpo para la supervivencia en un mundo abierto y sorprendente que nunca repite sus desafíos y peligros. Las imágenes metafóricas del sueño serían entonces un medio por el cual el cerebro filtraría los patrones de la experiencia que por ser de alguna manera esenciales quedan a la disposición mental del cuerpo para enfrentarse a su entorno. En este sentido, el fisiólogo francés Michel Jouvet descubrió que los animales ponen en práctica rutinas depredadoras durante sus sueños [229]. Jouvet activó quirúrgicamente los sistemas musculares de gatos domésticos, por lo general inactivos durante el sueño, y descubrió que aquellos realizan movimientos de espera de presa y de ataque durante el sueño REM [231]. Sin embargo, estas rutinas eran llevadas a cabo al azar, tal como se hace en los sueños, que parecen ignorar una secuencia lógica. La contribución del trabajo de Jouvet indica que los sueños humanos pueden consistir simplemente en "procesos depredadores" más complejos, muchos implicando el comportamiento social (éxito, vergüenza, frustración). En este sentido, los sueños pueden ser útiles de la misma manera que el entrenamiento es necesario para el músico o el deportista, que se mantienen en forma tocando o corriendo; como si se tratara

de verdaderas actuaciones, para estar preparados para las verdaderas actuaciones.

Del mismo modo, el neurobiólogo francés Jean-Pierre Changeux sugiere que los sueños son medios por los cuales el cerebro estabiliza patrones neuronales iniciados durante el día. Changeux dice que durante el estado onírico el cerebro está desatento, o sea, no está dirigido a la gestión de la importante relación entre el organismo y su entorno [111]. Por esta razón, el pensamiento onírico toma algunas de las características del discurso delirante: palabras, ideas e imágenes están vinculadas de una manera ilógica, surgiendo un componente aleatorio. Esta aleatoriedad, sin embargo, puede estar relacionada con la forma en la que el cerebro procesa los eventos mentales y los preserva y organiza para su uso futuro. Tal como los movimientos de los gatos de Jouvet, los sueños son *collages* de comportamiento sin ningún tipo de orden; pero, como parte del sistema de codificación cerebral, interconectan patrones de comportamiento que de otro modo podrían haberse perdido por completo si el cerebro estuviera completamente dormido.

1.7.2. ¿POR QUÉ SOÑAMOS?

Estas teorías varían en el grado de énfasis puesto en los componentes cognitivos, que van desde formulaciones en las que las experiencias oníricas son simples subproductos de otras actividades que se cree que soportan funciones importantes, a otras en las que los aspectos cognitivos son lo esencial. Representantes del primer grupo, donde la actividad cognitiva es accidental a la activación fisiológica del sueño REM, son las teorías de Berger [43], Crick y Mitchison [110], Hobson y McCarley [204][299] y Antrobus [17].

Berger dijo que una función del sueño REM sería mantener, a través de la activación oculomotora, la actividad del sistema visual, importante para la coordinación binocular en el estado de vigilia [45]. Crick y Mitchison consideran el sueño REM como un período en el cual el cerebro se libera de las memorias no deseadas, acumuladas durante experiencias en la vigilia [110]. La hipótesis de Hobson y McCarley sobre el proceso activación-síntesis considera el sueño

como una consecuencia de la interpretación que hace el prosencéfalo del bloqueo de la actividad del tallo encefálico y que es recibida durante el sueño REM. Antrobus también considera el sueño como un producto de la activación cortical que se basa en la interpretación de la actividad espontánea de la corteza en la ausencia de información externa aferente y durante el período del nivel de alta sensibilidad. Esto serviría para justificar los eventos cualitativos específicos que se producen durante el REM [204].

Una de las hipótesis propuestas para el proceso onírico se llama "la hipótesis sensorial sin imagen" (*a sensory image-free hypothesis*). Se supone que un estado con un patrón EEG de somnolencia (NREM fase 1) y atonía muscular produce una corriente de pensamiento vago y desorganizado como telón de fondo durante el sueño REM. La excitación fásica del cerebro que se produce simultáneamente con el disparo de los movimientos oculares rápidos (MORs) activa el sistema de memoria del hipocampo-neocortical y extrae imágenes sensoriales de los reservorios de memorias del cerebro [337][353]. El soñador forma una asociación libre a partir de las diversas imágenes sensoriales y construye una historia onírica.

Los cognitivos, por otra parte, sugieren que el sueño depende de las capacidades de organización de experiencias en la memoria y del acceso y reorganización de estas experiencias, independientemente de estímulos ambientales externos [160]. Este enfoque cognitivo no está basado en hechos fisiológicos específicos para explicar los hechos oníricos y considera el sueño como una especie de pensamiento.

Se ha utilizado la Tomografía por Emisión de Positrones (PET) para estudiar la relación entre el metabolismo cerebral de la glucosa y la magnitud de la ansiedad y hostilidad experimentadas durante el sueño (tanto REM como NREM) y durante la vigilia [182]. Se han encontrado correlaciones, positivas y negativas, entre esas variables, especialmente durante la vigilia y durante el sueño REM.

También con PET se han realizado estudios que analizaban la neuroanatomía funcional de los movimientos oculares rápidos y del sueño. Los resultados mostraron que el flujo sanguíneo cerebral regional se correlaciona positivamente

con el sueño REM en el techo de la protuberancia, en el tálamo izquierdo, en ambos complejos amigdalinos, en la corteza cingulada anterior y en el opérculo parietal derecho. Se observaron correlaciones negativas bilateralmente, en una amplia área de la corteza frontal dorsolateral, en la corteza parietal (giro supramarginal) y también en la corteza cingulada posterior. Dado el papel de los complejos de la amígdala en la adquisición de memorias influenciadas emocionalmente, el patrón de activación en la amígdala y en las áreas corticales proporciona una base biológica para el tratamiento de algunos tipos de memorias durante el sueño REM [291].

Recientemente, un estudio clínico y anatómico sugirió que los procesos psicológicos fundamentales del sueño serían mediados por estructuras superiores del prosencéfalo (lóbulos parietal inferior y frontal mediobasal) en lugar de los núcleos primitivos del tallo encefálico que regulan el sueño REM. Esto sugiere que los tres mecanismos neuropsicológicos básicos que intervendrían en el sueño serían: (1) control mental inhibitorio, (2) pensamiento espacial y (3) operaciones cuasi-espaciales (simbólicas). Por el contrario, el factor principal que intervendría en el sueño REM sería la excitación basal. Por lo tanto, los sueños y el sueño REM tendrían origen en diferentes estructuras e implicarían diferentes mecanismos psicológicos, lo que cuestionaría las teorías actuales, basadas en pruebas fisiológicas y tendría implicaciones en el psicoanálisis [305][398].

1.7.3. EL ENFOQUE CIENTÍFICO DEL SUEÑO

Unos cuarenta años después del descubrimiento del sueño REM, la necesidad de justificar la teoría de que el sueño puede ser estudiado científicamente, parece ser un enfoque confuso, pero probablemente correcto [259]. Fundamentalmente, la opinión de que los sueños no pueden ser estudiados científicamente proviene de la creencia de que los informes de los estados internos (mentales) no pueden ser estudiados científicamente [431]. Esta visión primitiva del comportamiento confunde el objeto de estudio con el método de estudio [354]. La aplicación de principios científicos para el estudio del lenguaje

oral [184] y de la cognición visual [257] han demostrado, de hecho, que los estados internos pueden ser estudiados [95].

El estudio del sueño necesita que éste sea recogido y medido como condición previa para revelar algunas de sus características. No es la experiencia onírica la que se está recogiendo y midiendo, sino más bien un relato de esta experiencia, generalmente de naturaleza verbal y que se considera verídico en relación con la experiencia del sueño. No es del todo raro que un indicador de un estado sea medido en lugar del propio estado. El sueño, como hemos visto, está caracterizado por cambios en el electroencefalograma; estos cambios son solamente uno de los aspectos del estado de sueño, no el propio estado [183].

Hay una serie de factores de la recogida que, por separado o en interacción, pueden influir en el contenido del relato verbal onírico. Podemos destacar los siguientes:

- La **ubicación** (en casa o en el laboratorio) donde la experiencia onírica ocurre y se recoge, puede influir en los relatos.
- El **método de despertar** al soñador, rápido o lento, puede influir en la capacidad de recordar, ya sea en el laboratorio o en casa.
- El **contexto de la situación interpersonal** en el cual se hace el relato puede influir en el resultado final. La persona a quien se cuenta el relato es o no del mismo sexo que el soñador, tiene o no tiene una edad similar, está en la misma habitación o está lejos.
- El **tipo de entrevista de recogida** – abierta, sondeo, asociativa – influirá en el proceso.
- El **método de grabación del relato** – con una grabadora o con lápiz y papel – producirá relatos más largos y menos organizados en el primer caso y relatos más cortos y mejor organizados en el segundo.

- Las **características del participante** – hombre, mujer, joven, anciano, enfermo, sano, voluntario o no, expresivo o lacónico – influirá en el contenido del relato.

Ninguno de estos factores que pueden influir en el relato onírico es insuperable. Estos son factores que deben ser considerados e incorporados en los protocolos experimentales, como factores de control para aumentar la reproducibilidad de los resultados.

Hay varios estudios que reflejan el impacto de estos factores sobre la frecuencia de los estados emocionales en los relatos oníricos: lugar de recogida de los relatos (el laboratorio o el domicilio), despertares en REM o memoria espontánea por la mañana, relatos abiertos en comparación con encuestas [164][192][215][302][396][401][408]. Los informes en el domicilio, obtenidos con encuesta contenían el mayor número de emociones. Los despertares en el laboratorio con un relato abierto, tuvieron el menor número de emociones.

Hay, por supuesto, otros factores que influyen en el recuerdo del sueño, por ejemplo: el grado de importancia [102], la ubicación temporal del sueño durante la noche, la duración y la intensidad del relato [415], la edad del individuo, la presencia de enfermedades del cerebro, los factores de personalidad y de significado onírico [260].

Hay algunos factores que deben aclararse en cuanto a la medición del relato onírico:

El primer factor a aclarar cuando se intenta medir un relato onírico, es que la medida está vinculada a la naturaleza verbal del relato. Entre grupos distintos puede haber diferencias en el contenido onírico, que estén relacionadas, no con la experiencia onírica, sino con el estilo de relato verbal utilizado por cada individuo en el estudio. Para tener en cuenta este factor se requiere un control verbal en la vigilia, aunque casi nunca se incorpore en el estudio onírico. El hecho de que el relato onírico se base en diferentes temas, o se organice de manera diferente que en otros relatos verbales puede contribuir a que tengamos una mayor comprensión de la especificidad del sueño.

Un segundo factor de interés es la clasificación del relato onírico y para ello hay que decidir qué conjunto de reglas debe adoptarse para incluir o excluir los hechos del relato y fijar cuáles son las mejores preguntas a realizar: "¿Qué estabas pensando?" y "¿Con qué soñabas?" pueden no ser la misma pregunta. Por otra parte, respecto a las respuestas ¿Debe ser todo incluido, asociaciones, redundancias, contrastes con la realidad?

El tercer factor se refiere a la extensión del relato. En general, cuanto mayor es el relato, más alta es la probabilidad de ocurrencia de un aspecto clasificable. Se han aplicado correcciones a la longitud de las palabras. Queda, sin embargo, la discusión sobre la relación entre la longitud de las palabras y la extrañeza del relato [60].

En cuarto lugar, existen los problemas en la cuantificación del contenido del relato onírico. El problema inicial es construir un instrumento de clasificación aplicable. Este esquema debe (1) presentar las premisas en las que se basan los contenidos que se desea medir, (2) proporcionar bases bien definidas, (3) listar los ejemplos inclusivos y exclusivos de cada punto de la escala, (4) indicar la unidad a codificar (5) especificar la unidad de contexto que se utiliza cuando se asigna la calificación y (6) proporcionar una unidad de resumen para obtener una puntuación total. El segundo problema en cuanto a la cuantificación del contenido del sueño se refiere a la intensidad. Las categorías son escalas nominales y pueden registrarse aumentos o disminuciones en la cantidad o frecuencia en una categoría, por ejemplo, más o menos personajes en el relato. Escalas con intervalos que impliquen una relación aditiva entre puntos de la escala pueden conducir a absurdos, tales como, por ejemplo, que ocho interjecciones verbales de furia en una escala de hostilidad, pueden equivaler a un asesino si la escala sólo tiene ocho puntos [202]. La creación de escalas *ad hoc*, por lo general, refleja una grave negligencia al considerar la importancia de estos problemas de medición. Es preferible utilizar escalas amplias con respecto a la puntuación para que la gradación de las acciones se pueda contabilizar convenientemente [97].

Los problemas de fiabilidad y validez de las unidades de medida existen para los relatos oníricos como para muchas otras mediciones. Los intervalos de confianza marcan los límites de validez. Hall y Van de Castle (1966) [192] exploraron los aspectos de la confianza como un porcentaje de concordancia variando el nivel de generalización (artículo, frase o relato completo). Estos resultados se reprodujeron de forma independiente [364][380][381]. La validez de las mediciones del contenido onírico se refleja en la reproducibilidad de los hallazgos de varios estudios y en la correlación del contenido onírico con otras características psicológicas del soñador. Las reglas de Hall y Van de Castle se han reproducido para diversas características. Por ejemplo, el número de personajes por relato onírico y las diferencias de contenido entre los soñadores femeninos y masculinos.

1.7.4. LOS SUEÑOS DE LOS CIEGOS

Los sueños con contenido visual son expresiones de imaginación visual. Por lo tanto, si pudiera ser demostrada la presencia de sueños con contenido visual en personas con ceguera congénita, esto implicaría que las imágenes visuales son posibles en sujetos que nunca han tenido experiencias visuales. Además, esto permitiría inferir que las imágenes visuales no dependen de la percepción visual específica, sino que pueden surgir de la activación de la corteza visual por entradas no visuales [276].

Está abierto a discusión si los sujetos ciegos congénitos tienen sueños con contenido de imágenes visuales y, si lo hacen, si esta capacidad genera imágenes que pueden ser representadas gráficamente.

Puesto que para los sujetos videntes la experiencia del sueño está asociada con la actividad visual, solía pensarse ampliamente que las personas ciegas no sueñan. Esto fue refutado fuertemente por varios autores y hoy en día se acepta que los sueños de los ciegos son vívidos y auto-comprometidos [30][130][225][243]. Además, actualmente se acepta que los ciegos congénitos, o aquellos que pierden la vista antes de los 5 - 7 años de edad, tienen sueños sin contenido visual [243]. Los estudios de Jastrow sobre los sueños infantiles

sólo encontraron imágenes visuales en aquellos cuya ceguera se produjo después de los 5-7 años de edad [225], período asociado con la inclusión de la actividad visual en los sueños, que coincide con el comienzo del sueño autónomo [160].

Algunos autores también informan de que los sujetos que nacen ciegos reportan sueños que no incluyen ninguna descripción de escenas o paisajes, sino que contienen principalmente sonidos, sensaciones táctiles o experiencias emocionales [210][221][267]. Por otra parte, los datos de sueños obtenidos en laboratorio para 10 sujetos ciegos mostraron que los sueños de personas ciegas y de videntes eran idénticos, excepto para 2 sujetos con ceguera congénita cuyos sueños no tenían componentes visuales [244]. Sin embargo, este conocimiento puede ser cuestionado mediante medidas objetivas para acceder a la imaginación visual en sujetos ciegos, evaluando el contenido visual en los sueños y su relación con los ritmos espectrales del EEG [55][245].

1.8. SUEÑOS Y CEREBRO

1.8.1. CARACTERÍSTICAS Y ANALOGÍAS

La complejidad de la conducta humana se extiende más allá de un conjunto claramente definido de paradigmas. Sin embargo, la predicción y la comprensión de la conducta son extremadamente importantes. Eso requiere, básicamente, la definición de comportamientos específicos y de los determinantes correspondientes. El sueño, considerado como una función de "todo el cuerpo" asociado con estados cognitivos específicos, puede beneficiarse de tales paradigmas, incluyendo la investigación "cerebro-conducta" y la analogía "cerebro-ordenador".

Los sueños incluyen funciones corticales cognitivas que corresponden a narrativas virtuales y secuencias de imaginación que ocurren en un estado corporal específico: un cuerpo paralizado con privación sensorial parcial [387]. En consecuencia, el análisis del cuerpo-cerebro que sueña proporciona importantes pistas conceptuales.

Desde el punto de vista de la investigación, es posible analizar los procesos oníricos como unidades cuasi modulares, con modelos informáticos de procesamiento y localización neuronal [19]. Cuando estas cuestiones son ponderadas desde el punto de vista de la Neurociencia aparecen dos corrientes de investigación distintas. Una relacionada con el análisis de las funciones cognitivas humanas *per se* y la otra que intenta demostrar las bases neurofisiológicas de los procesos intelectuales [7].

La comprensión de las relaciones entre los procesos mentales y neuronales es más clara durante el estado de vigilia, por lo que los modelos de vigilia son extendidos al proceso onírico [19]. Los próximos apartados se refieren a la anatomía funcional de los procesos cognitivos específicos de la vigilia, que son compartidos por los ordenadores y el análisis de sus correspondientes procesos oníricos.

1.8.2. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

La anatomía funcional del pensamiento humano ha sido investigada mediante técnicas de mapeo cortical, centrándose principalmente en dos características: la resolución de problemas y el razonamiento. La resolución de problemas complejos activa una gran variedad de áreas corticales, mientras que la resolución de problemas sencillos activa muchas menos áreas. Según la "hipótesis del marcador somático" [114] el proceso de toma de decisiones complejas implica los hechos explícitos de la situación con representación de los estados emocionales relevantes en las estructuras neuronales somato-sensoriales. No obstante, es difícil aceptar que el patrón cortical de resolución de problemas sea invariable para todos los individuos [171]. Además, parece que hay un solapamiento importante entre los circuitos neuronales utilizados para la cognición y el procesamiento sensitivo-motor básico, siendo la cognición compleja una propiedad emergente de aquel.

En este marco y en materia de electrogénesis cerebral se sabe, por ejemplo, que las asimetrías en la potencia del alfa durante las tareas cognitivas están asociadas con el hemisferio dominante [40][74]. La potencia del alfa se reduce durante las tareas de cálculo mental, búsqueda de palabras y fluidez verbal. La lectura provoca una atenuación bilateral del alfa en las áreas parietal y occipital-parietal. Durante la imaginación espacial y el procesamiento musical los cambios ocurren en el hemisferio derecho [361].

La mayoría de los sueños no se refieren a la resolución de problemas [352]. Lo que coincide con los estudios sobre sueños en lesiones cerebrales, que no encontraron diferencias significativas para los sueños en lesiones de las cortezas prefrontal dorso-lateral, sensitivo-motor y visual primaria [397][399]. Sin embargo, uno no puede dejar de reconocer que algunos de los descubrimientos humanos están asociados con el sueño, destacando las características individuales y el valor limitado de las generalizaciones. August Kekulé describió la estructura hexagonal del benceno; Otto Loewi, la transmisión química de los impulsos nerviosos; Dmitry Mendeleev, la Tabla Periódica de los Elementos; Stevenson, la trama de Dr. Jekyll y Mr. Hyde; todos ellos inspirados en sus propios sueños [355][407].

1.8.3. IMAGINERÍA VISUAL

La manipulación experimental de un estímulo visual induce cambios ordenados en el metabolismo cerebral visual, ya que patrones visuales simples activan el lóbulo occipital medio, mientras que las escenas más complejas aumentan la actividad no sólo en estas regiones, sino también en la corteza preestriada [165][196][296]. Las áreas corticales de la visión están subespecializadas: Columnas de dominancia ocular en V1 [313]. Los giros fusiforme y lingual, área V4, para el color [282]. El borde lateral de los lóbulos temporal y occipital bilateralmente, área V5, para la visión del movimiento, con áreas auxiliares en las proximidades de V1, V2 y V3. El prolongamiento a la corteza auditiva refleja, posiblemente, la localización de una fuente de sonido en movimiento [214].

Ya fueron discutidas las relaciones entre el EEG y la actividad visual. En resumen, la actividad alfa occipital se atenúa con la activación visual. La actividad visual representa el 12% del contenido onírico [138]. Las imágenes visuales son, por lo general, en color, con una distribución similar a la percepción en vigilia. La similitud de los relatos cromáticos se correlaciona con el recuerdo onírico y los sueños REM son más coloridos que los NREM [198]. Por otra parte, se sabe que el color en los sueños está basado en la percepción visual reciente y puede modificarse mediante el uso de gafas coloreadas durante el día. Las imágenes en REM muestran una definición relativa del 57% y un brillo del 6% cuando se utilizan las imágenes de vigilia como estándar para el 100% [198]. Esta definición refuerza la capacidad de una salida – "output" – perceptiva durante el REM, en la ausencia de entrada – "input" – sensorial [19]. Las características extrañas en la imaginería del REM pueden ser explicadas por modelos adicionales, aunque especulativos, de patrones neuronales no existentes en el estado de vigilia [324].

La corteza visual tiene una alta complejidad y subespecialización y, a pesar de esto, el contenido visual del sueño sólo se ve afectado por las lesiones de la corteza asociativa; ya que, las lesiones de la corteza visual primaria, a pesar de la ceguera cortical que causan, no afectan a los sueños. Las lesiones de la corteza asociativa inducen la incapacidad de reconocer caras, movimiento o

colores, resultando en sueños acromáticos, con individuos sin rostro y escenas estáticas [397][399].

1.8.4. RECONOCIMIENTO DE ROSTROS

Los sueños incluyen, a menudo, caracteres humanos. La proporción relativa de estos caracteres se presenta en la Tabla 1 [138]. El reconocimiento de personas no implica necesariamente que exista un reconocimiento de los rostros y, de hecho, la memoria correspondiente es a menudo borrosa. Sin embargo, cuando se pide a los individuos que dibujen sus sueños es común que representen rostros humanos [55]. Es frecuente la identificación errónea de caras, con individuos claramente identificados con características que no les pertenecen. Los modelos clínicos para el reconocimiento de rostros incluyen el síndrome de Fregoli (hiperidentificación de caras) y el síndrome de Charcot Wilbrand.

Tabla 1 – Proporción relativa de caracteres humanos en los sueños [138].

Caracteres humanos en los sueños	Hombres	Mujeres
Familia	9	15
Parientes	2	5
Conocidos	31	37
Prominente	2	1
Ocupacional	17	9
Étnico	2	2
Extraños	23	17
Incierto	12	13
Muertos	1	2
Total	31%	37%

Durante la vigilia, el reconocimiento de rostros se asocia con la sincronización de descargas neuronales oscilantes en la banda gamma (20-70 Hz). La

clasificación de los rostros por género conduce a la activación del lóbulo temporal inferior izquierdo y de la corteza frontal izquierda, lo que podría estar relacionado con los aspectos semánticos y de articulación de la tarea. El reconocimiento de rostros nuevos conduce a la activación frontal y parietal derechas junto con la activación del cerebelo izquierdo. La identificación de rostros conocidos activa el área occipitotemporal del surco occipital inferior hasta el surco occipitotemporal inferior y el giro fusiforme [98][270][379].

1.8.5. EMOCIÓN

Las estructuras límbicas desempeñan un papel central en la regulación del humor y de los estados emocionales [115][295]. Las estructuras límbicas (cíngulo, hipotálamo, hipocampo y amígdala) se unen al tallo encefálico y a la corteza estriada y paralímbica por medio de vías citoarquitectónicas y neuroquímicas recíprocas. La relación entre las emociones y la toma de decisiones complejas se destacó recientemente [114].

El miedo se compone de una serie de cambios fisiológicos y de comportamiento característicos que implican el aumento de la actividad simpática, disminución de la actividad parasimpática, la liberación de adrenalina en el eje hipotálamo-hipofisario inducida por estrés y movimientos característicos [120]. Estos mecanismos están mediados principalmente por el núcleo central de la amígdala que se proyecta al hipotálamo lateral, al núcleo basal de la estría terminal, al núcleo motor dorsal del vago, a la sustancia gris periacueductal, al núcleo parabraquial y al núcleo *reticularis pontis caudalis* [295]. Los estudios con imágenes neurofuncionales están de acuerdo en cuanto a la participación de la amígdala en el procesamiento explícito e implícito de los estímulos de miedo.

El porcentaje de sueños con emociones negativas es alto, tanto para hombres como para mujeres (80%). Cerca de la mitad de los sueños (47% para los hombres y 44% para las mujeres) contiene al menos una agresión. La felicidad aparece en el 20% de los sueños y la tristeza en un 9% para los hombres y en

el 13% para las mujeres. La furia aparece en el 16% para los hombres y en el 13% para las mujeres [138].

Estudios de PET han demostrado una correlación positiva entre el contenido ansioso de los sueños REM y el metabolismo de la glucosa en la sustancia gris situada en el área frontal superior bilateral, área paracentral izquierda, área supramarginal izquierda y en el colículo superior izquierdo. En la sustancia blanca, las correlaciones positivas se refieren al área frontal superior izquierda y las negativas al área frontal superior derecha, área precentral bilateral, área parietal anterosuperior izquierda, área occipital derecha y a la región frontal derecha [182]. A partir de estos datos, se propuso que la ansiedad en el sueño implica las áreas de procesamiento del lenguaje, de la cognición y de las funciones sensoriales, especialmente visuales. Sin embargo, es extraño que no existan correlaciones con los datos de la vigilia que presentan activación de las regiones tèmpero-límbicas [365].

1.8.6. ONIRISMO Y ALUCINACIÓN

Las lesiones en el tálamo anterior, la corteza cingulada, la corteza frontal medial y en el prosencéfalo basal se asocian con sueños vívidos, que tienen un carácter realista y con soñar despierto [397][399]. Las pesadillas repetitivas con características claramente alucinatorias son observadas en lesiones temporales anteriores y medianas. Este resultado se correlaciona con la posible naturaleza epiléptica de las lesiones, ya que también fueron observadas por estimulación cortical de las mismas áreas durante cirugía de la epilepsia [31].

1.8.7. CONSCIENCIA

Las funciones cognitivas humanas implican una serie de conceptos y definiciones, incluyendo el concepto de consciencia. La consciencia incluye un estado de respuesta al medio ambiente, por ejemplo, se puede estar consciente o en coma, despierto o dormido, alerta o apático, etc. Todos estos estados

requieren una descripción del comportamiento, pero descartan una descripción interna en términos de la experiencia sensorial, sentimientos, pensamientos, decisiones, etc.

Algunos han intentado extender el concepto de consciencia tanto a los animales como a los ordenadores, pero no hay respuestas absolutas [116][338]. No podemos pedir a un animal que narre una experiencia introspectiva y, si la consciencia es una construcción del comportamiento, las máquinas capaces de reproducir comportamientos indistinguibles de los humanos aún permanecen en el campo de las posibilidades teóricas con una limitación obvia: el hecho de que no tienen un cerebro.

1.8.8. CEREBRO Y ORDENADOR

La analogía cerebro-ordenador es ciertamente controvertida, pero en algunos aspectos sigue siendo un paradigma útil, capaz de mejorar los campos de investigación, tanto en las ciencias cognitivas como en las informáticas.

La inteligencia artificial pretende programar ordenadores para las funciones que se realizan por lo general mejor por los seres humanos [336]. Se han utilizado estrategias de aprendizaje humano, en particular, el aprendizaje de memoria ("*rote learning*"), generalización, aprendizaje deductivo e inductivo, inducción de reglas, aprendizaje basado en la explicación, resolución de problemas, aprendizaje formal, redes neuronales y aprendizaje genético [106][225][367]. Los algoritmos correspondientes, por lo general, implican que el pensamiento obedece a las leyes de la lógica, representadas en términos simbólicos. Estos símbolos son típicamente considerados como activos, ya que el aprendizaje y el recuerdo están diseñados como procesos activos llevados a cabo por la interacción con el mundo exterior. La representación del conocimiento permite la descripción, la comprensión, la manipulación y la racionalización de este mundo. Es obvio que la representación del conocimiento requiere un profundo conocimiento de la naturaleza de ese mismo conocimiento y en el campo de las ciencias médicas y cognitivas los objetos de conocimiento suelen ser

habitualmente borrosos, inciertos, incoherentes e ilógicos [193]. Por esta razón su formalización es extremadamente difícil.

La capacidad de aprender es una característica clave de la inteligencia, muy bien capturada por las RNAs (Redes Neuronales Artificiales – “*Artificial Neural Networks*”) como un problema de actualización de la arquitectura de red y de los pesos de las conexiones. Por lo general, las RNAs aprenden a través de patrones de entrenamiento disponibles, mejorando el rendimiento a lo largo del tiempo mediante la actualización de los pesos en la red. Las RNAs parecen aprender a discriminar características partiendo de colecciones de ejemplos representativos.

La realidad virtual [132] basada en técnicas de computación gráfica y robótica, hoy en día es recurrente en la industria del entretenimiento. Su presencia en el campo de la medicina es menos espectacular, aunque hay claros pasos en su uso como herramienta de enseñanza y en estrategias de tratamiento. El amplio uso de estas herramientas tuvo, u sigue teniendo, un gran impacto en el campo de las aplicaciones de la neurociencia biomédica [143][200][247][336][347][373].

El cerebro humano realiza varias funciones cognitivas esenciales para la supervivencia [12]. Las ciencias informáticas y las técnicas de inteligencia artificial han simulado algunas de ellas, sobre todo las relacionadas con el aprendizaje, la memoria, el lenguaje y otros procesos cognitivos complejos [96]. Los comportamientos humanos complejos permanecen como características clave en el uso diario de los ordenadores, lo que afecta fuertemente a los resultados de las aplicaciones médicas correspondientes [3]. Por esta razón, el conocimiento del cerebro y de la conducta es un paso esencial en la investigación biomédica actual.

1.9. LA ACTIVACIÓN VISUAL EN EL SUEÑO

Consideremos el siguiente relato onírico:

Caminando, me encontré con un arco iris. No recuerdo si estaba solo o no. Pero el arco iris era tridimensional y tocaba el suelo. El arco iris era tridimensional y por eso salté sobre el arco iris como si fuera una planta de frijoles. He continuado subiendo los escalones que puedo describir como si fueran capas de pastel de diferentes colores en forma de escalones. Poca acción con la excepción de que han sido dichas dos frases. Una dicha por mí: "¿Qué estoy haciendo aquí?" Y la respuesta, "Vuelva mañana." Es un sueño muy existencial.

Robert W. McCarley, 1981

1.9.1. MOVIMIENTOS OCULARES RÁPIDOS Y ONDAS PONTO-GENÍCULO-OCCIPITALES

La activación del sistema visual durante el sueño REM se observa en los registros EEG obtenidos con electrodos profundos en animales [325], por la existencia de ondas agudas llamadas ondas PGO (Ponto-Genículo-Occipitales). Se llaman así por ser registradas en la formación reticular de la protuberancia (puente de Varolio), cerca del núcleo abducente, en el núcleo geniculado lateral dorsal y en la corteza occipital. Las ondas PGO se originan en la protuberancia y se proyectan al núcleo geniculado lateral y al córtex occipital por vías anatómicas separadas [405]. Además, se piensa que la visualización durante los sueños es sobre todo una tarea del hemisferio derecho [242].

Las ondas PGO anuncian el inicio del sueño REM, ocurriendo en el minuto antes de la aparición del sueño REM definido electrográficamente. Proporcionan un óptimo ejemplo de la excitación no aleatoria del prosencéfalo, durante el sueño REM, causada por el tallo encefálico. Las ondas PGO llevan información sobre la dirección de los movimientos oculares rápidos que comenzarán unos pocos milisegundos después del comienzo de la onda PGO. La onda PGO en el núcleo

geniculado lateral izquierdo es mayor cuando el movimiento de los ojos es hacia la izquierda y viceversa; la misma especificidad direccional se encuentra en las ondas PGO en la corteza visual [154][181].

Los registros celulares han proporcionado información importante sobre la generación, la transmisión y los efectos en zonas de destino de las ondas PGO.

Registros intracelulares en la formación reticular media del puente y en el núcleo reticular tegmental adyacente indican la presencia de neuronas con descargas "*long-lead*" antes de las ondas PGO; estas neuronas satisfacen los criterios correlacionales para la generación de PGO [303].

Registros extracelulares en la zona pedúnculo cerebeloso superior (zona del núcleo pedúnculo-pontino y de la unión protuberancia-mesencéfalo) muestran neuronas PGO que tienen un patrón de descarga "*short-lead*" antes de las ondas PGO ipsilaterales en el núcleo geniculado lateral. Estas descargas sincrónicas casi siempre se correlacionan perfectamente con esas ondas PGO y tanto los datos de las respuestas anatómicas y antidrómicas, como los estudios anatómicos, indican proyecciones al núcleo geniculado lateral. Por esta razón, es probable que estas neuronas sean neuronas de salida para la transmisión de las ondas PGO desde el tallo encefálico hacia el prosencéfalo.

Los registros de las principales células del núcleo geniculado lateral y de neuronas en la corteza occipital indican que las ondas PGO están asociadas con la excitación neuronal [405][303][300][304]. Además, los estudios autorradiográficos que utilizan técnicas con 2-desoxiglucosa mostraron aumentos significativos en el incremento del metabolismo de la glucosa durante el sueño REM en la corteza visual, presumiblemente como resultado de una activación neuronal intensa [219][273]. Esta entrada al sistema visual puede ser un sustrato para la construcción de experiencias visuales durante el sueño.

Como las ondas PGO predicen la dirección del movimiento ocular siguiente, se planteó la hipótesis de que pudieran representar una activación, por el sueño REM, del sistema de descarga corolario para los movimientos oculares, mientras que el resto del cerebro está alerta para el próximo movimiento ocular [148][294][300][302][303].

En la vigilia, el sistema de descarga corolaria comunica al resto del cerebro que responda a los cambios en la retina correspondientes al movimiento ocular, con una compensación en el mundo visual subjetivo, que es de igual magnitud, pero de dirección opuesta. Como la "entrada" del mundo exterior está bloqueada en el sueño REM, esta compensación de la descarga corolaria es percibida como un movimiento en el mundo visual. Esta puede ser la fuente de algunos de los cambios de imágenes visuales en el REM (Figura 15).

La secuencia propuesta sería la siguiente:

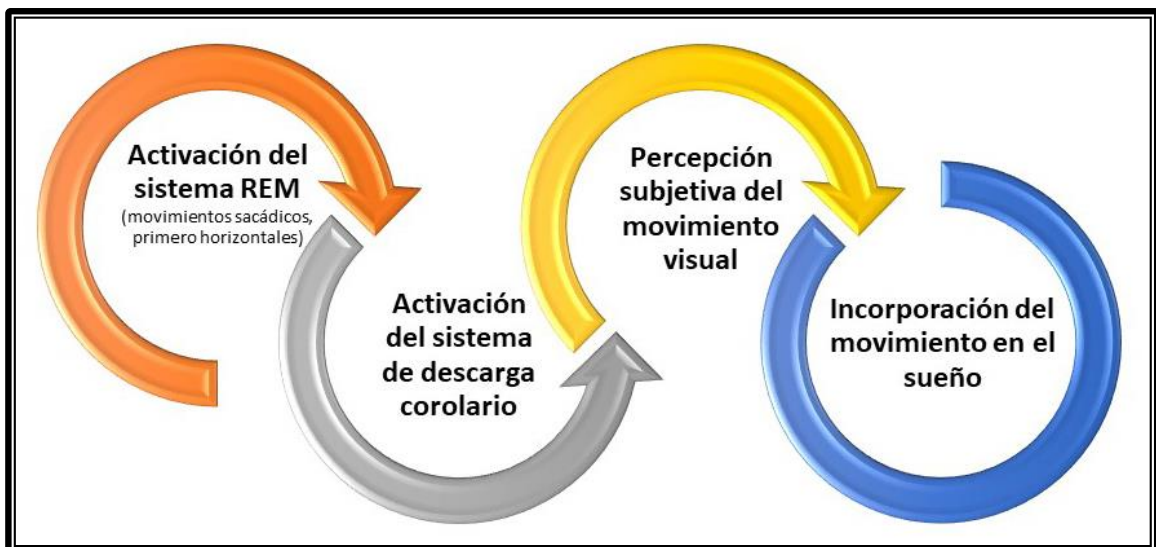


Figura 15 – Incorporación del movimiento en el sueño

Se ha demostrado en humanos esa activación del sistema de descarga corolaria sin un movimiento ocular real y sin cambio del mundo visual, dando lugar a una sensación subjetiva (o ilusoria) de movimiento. Los experimentos se llevaron a cabo en seres humanos despiertos en los que se indujo una parálisis transitoria del movimiento ocular. Una conceptualización alternativa, pero relacionada, es que la excitación del prosencéfalo causado por las ondas PGO puede interrumpir los procesos cognitivos durante el sueño, produciendo discontinuidades o bifurcaciones y la consiguiente extrañeza onírica [290].

1.9.2. ONDAS PONTO-GENÍCULO-OCCIPITALES EN HUMANOS

Durante una operación neuroquirúrgica clínica para tratar los síntomas de la enfermedad de Parkinson, se realizó un estudio invasivo en ondas PGO humanas [271]. Los resultados indicaron que las ondas PGO son una característica del sueño REM humano, que se generan o propagan en el tegmento pontomesencefálico, que solo están asociadas parcialmente con los movimientos oculares y que están asociadas con cambios característicos en la actividad cortical. No obstante, las observaciones finales del estudio fueron que la Hipótesis de Activación-Síntesis [204] que apoya esta interpretación de la función de onda PGO fue ampliamente comprobada.

Otro estudio se realizó utilizando una cohorte similar de pacientes con enfermedad de Parkinson, con una muestra ampliada de 12 sujetos [154]. Las conclusiones fueron que las ondas semejantes a PGO subtalámicas se pueden registrar durante el sueño pre-REM y REM en humanos y que el núcleo subtalámico puede desempeñar un papel activo en una red de activación ascendente implicada en la transmisión de ondas PGO durante el sueño REM en humanos. Al igual que en los modelos con felinos, se observó que los grupos de ondas PGO estaban estrechamente relacionados con el sueño REM y, además, demostraron una actividad observable de beta subtalámica rápida observable en el rango de 13–35 Hz. Es importante destacar que este estudio también demostró un grado de homogeneidad entre la función de onda PGO felina y humana, al encontrar que los singletes de onda PGO preceden el inicio del sueño REM en 30-90 s en ambas especies.

Por otra parte, se realizó un estudio reciente de neurona única, utilizando un electrocardiograma de electrodo profundo, en una cohorte de 13 pacientes con epilepsia [15]. Los autores intentaban responder a la pregunta: ¿Los MORs en el sueño se asocian con actividades similares a las visuales, como ocurre durante la vigilia? Durante el sueño y la vigilia, los conjuntos de MORs se asocian con distintos potenciales intracraneales, que recuerdan a las ondas ponto-geniculadas-occipitales. Las neuronas individuales, especialmente en el lóbulo

temporal medio (MTL), exhiben velocidades de disparo reducidas antes de los REM, así como aumentos transitorios en la velocidad de disparo inmediatamente después, similares a los patrones de actividad observados en la presentación de imágenes durante la fijación sin movimientos oculares. Además, la selectividad de las unidades individuales se correlaciona con su latencia de respuesta, de modo que las unidades activadas después de un pequeño número de imágenes o MORs muestran aumentos retardados en las velocidades de disparo. Finalmente, la fase de las oscilaciones theta se restablece de manera similar después de los MORs en el sueño y la vigilia y después de la estimulación visual controlada. De hecho, los resultados sugieren que los MORs durante el sueño reorganizan episodios discretos de procesamiento de tipo visual como durante la vigilia.

Ha habido muy pocos intentos de encontrar evidencia de manera no invasiva para las ondas PGO en los seres humanos. No obstante, los pocos que se realizaron se han mostrado prometedores. La única tecnología de imágenes no invasiva que tiene la resolución tanto temporal como espacial para potencialmente aislar y medir la actividad cerebral profunda con la fidelidad suficiente para producir la forma de onda PGO electrofisiológica característica, es actualmente la magnetoencefalografía (MEG) [181]. Sin embargo, muchas otras tecnologías no invasivas, como la resonancia magnética funcional (fMRI) y la tomografía por emisión de positrones (PET) pueden desempeñar funciones importantes en la provisión de evidencia indirecta para respaldar la existencia de este fenómeno, por ejemplo, mediante el registro de la actividad cerebral general sincronizada con REM. Dichas observaciones pueden contribuir a comprender la naturaleza y el alcance de la red de generación de ondas PGO, su respectivo solapamiento con los sitios de generación de los MORs y la relación con regiones límbicas como la amígdala [323].

Un estudio que utilizó tomografía por emisión de positrones y mediciones iterativas del flujo sanguíneo cerebral en humanos confirmó que las regiones cerebrales donde las ondas PGO se registran más fácilmente en animales serían diferencialmente más activas en el sueño REM que en la vigilia, en relación con la densidad de la producción de REM [343]. En consecuencia, encontraron un

efecto de interacción significativo en el cuerpo geniculado derecho y en la corteza occipital primaria. El resultado apoya la hipótesis de la existencia de procesos similares a las ondas PGO en humanos, responsables de la generación de MORs.

Al igual que el trabajo de Miyauchi y colegas [323], el estudio realizado por Peigneux y colaboradores [343] no mostró actividad significativa durante el despertar de las sacadas autodirigidas, apoyando la hipótesis de que las ondas PGO desempeñan un papel importante en la generación de contenido visual que los MORs sacádicos procesan posteriormente. Ahora sabemos a ciencia cierta que las ondas PGO no solo están relacionadas con los MORs, sino que predicen la dirección siguiente del movimiento del ojo [203]. Además, los estudios en sujetos humanos sugieren que los MORs son movimientos oculares visualmente dirigidos, ordenados por el cerebro anterior, en respuesta a imágenes de sueños visuales y que los REM participan en el escaneo y la generación de imágenes de sueños [206].

Existen diferencias en la anatomía funcional de los movimientos oculares guiados visualmente durante la vigilia y el sueño REM [334]. Durante la vigilia, las predicciones “*top-down*” sobre las consecuencias propioceptivas y exteroceptivas de los movimientos oculares se envían a los centros pontinos y visuales, respectivamente. Los primeros provocan movimientos oculares a través de arcos reflejos clásicos (para suprimir el error de la predicción propioceptiva), mientras que los últimos anticipan los cambios en la entrada de la retina. En el sueño, hay una pérdida selectiva de precisión en los errores de predicción visual. Todo lo que esto significa es que el cerebro piensa que sus predicciones en el dominio visual son perfectas, porque no necesitan corrección. Esto permite la percepción sin sensación; es decir, soñando [203].

Parece que solo necesitamos descubrir un ejemplo en el que todo esto suceda sin experiencia previa, ya que una cosa es poder soñar y presentar MORs sin recibir realmente entradas de la retina, imaginería visual sin percepción visual y otra es poder soñar y presentar MORs sin haber recibido nunca esas entradas, imaginería visual sin experiencia visual. Schöpf y sus colegas [386] logran hacer precisamente eso al vincular el movimiento ocular en el útero con las redes

funcionales correspondientes. Para ello utilizaron los datos de fMRI BOLD (*Blood-oxygen-level dependent*) en el estado de reposo adquirido de siete fetos únicos entre las semanas gestacionales 30–36 con desarrollo cerebral normal. Durante el tiempo de exploración, los movimientos oculares fetales fueron detectados y rastreados en los datos de fMRI. Los resultados mostraron que los movimientos oculares fetales espontáneos, ya en el útero están vinculados a redes simultáneas en áreas cerebrales visuales y frontales. Los datos sugieren que la preparación del sistema visuomotor humano vincula las áreas visuales y motoras antes del nacimiento. Además, se observó actividad parietal-occipital, que se sabe que se correlaciona con los movimientos oculares autogenerados y desempeña un papel crucial en la codificación del espacio visual extra-personal. Dado que a los fetos no se les presentó ningún estímulo visual, estos datos pueden indicar el generador de movimientos oculares intrínsecos en los fetos humanos.

1.9.3. ACTIVACIÓN VISUAL Y MOVIMIENTOS OCULARES RÁPIDOS EN CIEGOS

La activación visual durante el sueño en ciegos no es bien conocida y está todavía sujeta a un fuerte debate. Se presume que los ciegos que no han perdido las memorias visuales, preservan la capacidad de activación de la corteza visual. Los relatos de ciegos adquiridos son muy similares a los de los videntes, con relatos de formas, colores, movimiento, etc. Además, cuando se les pide imaginar un objeto, sus ojos presentan movimientos como si para imaginar el objeto fuera necesario escudriñarlo con los ojos [229].

La gran cuestión es saber qué sucede cuando se comienzan a perder esas memorias o, sobre todo cuando esas memorias no existen en absoluto, como es el caso de los ciegos congénitos. ¿Cómo serán los sueños de una persona que vive de forma permanente sin luz o en una cueva? ¿Serán coloridos, tendrán formas? Estas son las preguntas que se plantean en relación con el ciego de nacimiento. Cuando se pregunta a un ciego si sueña, la respuesta es inmediata:

"¡Sí!" Pero si le preguntamos si él ve algo en el sueño, quizá no puede haber una respuesta porque él no sabe lo que es ver. Incluso si hubiera imágenes y colores en su cerebro durante el sueño ¿Cómo podría él reconocerlos? Por lo tanto, no existe una manera directa, a través de los relatos oníricos, para evaluar la presencia de activación visual en el sueño de los ciegos.

Es sabido, sin embargo, como se señaló anteriormente, que los ciegos congénitos activan la corteza visual, por ejemplo, durante la discriminación táctil o auditiva. ¿No es entonces posible que lo mismo pase durante el sueño? ¿Y si se activa la corteza visual, aunque solo indirectamente, no será natural que eso produzca una dimensión de imaginación, con puntos, líneas, colores, etc., que el ciego, por sí solo, es incapaz de identificar? Los ciegos congénitos, al parecer, no tienen imágenes visuales en el sueño, pero sus relatos oníricos son ricos en recuerdos auditivos, táctiles, kinestésicos, gustativos, olfativos (en orden descendente). Si la ceguera aparece después de la edad crítica de 5 a 7 años, pueden persistir durante mucho tiempo (unos 20 años) imágenes visuales en el sueño. Sin embargo, estas imágenes visuales tienden a disminuir gradualmente y se convierten en raras después de veinte años de pérdida de la visión [5][50][51][52][73][210][309][356].

El estudio de los movimientos oculares durante el sueño en ciegos congénitos al principio parecía ser la clave para resolver el enigma de la relación entre los movimientos oculares y la escena del drama onírico [197]. ¿Existe o no una relación? Inicialmente, la hipótesis pareció confirmarse ya que Berger no logró registrar movimientos oculares (con electrooculografía) en los sueños de ciegos congénitos privados de informes visuales [45]. De hecho, la electrooculografía registra el potencial córneo-retiniano, que puede estar ausente si hay destrucción de la retina. Otros métodos, que utilizan sensores mecánicos, vinieron a demostrar que los sueños de ciegos congénitos sin informes visuales, tienen, después de todo, movimientos oculares [230].

Los resultados anteriores sí apoyan la hipótesis de Jouvett sobre soñar *in utero* [48][49][50][51][52][53][54][55][56][317][318]. Él defendió que el sueño era también una herramienta para preservar la identidad de la especie y que lo que llamamos "instinto" (por ejemplo, el pollito que rompe el huevo e inmediatamente

comienza a comer los granos de maíz, sin que la madre gallina le haya dicho nada) es en realidad el resultado de soñar con comportamientos “básicos” mientras se está *in utero* o *in ovo*.

Si bien existe un trabajo sustancial sobre el desarrollo visual postnatal en los niños, poco se sabe acerca de los eventos durante el escaso período de estímulo prenatal, cuando se espera que la actividad intrínseca domine. En 2004, utilizando medidas de actividad electromagnética neural adquiridas con MEG, se detectó la presencia de respuestas a los estímulos visuales desde la semana 28 de gestación [149]. Sin embargo, los movimientos oculares fetales se habían observado ya desde 1981 [57].

Aunque las preguntas sobre la actividad visual funcional en el útero y cómo responden las áreas visuales primarias a los estímulos extrínsecos todavía no se han respondido, los estudios de morfometría basados en voxel en sujetos con ceguera congénita apuntan a áreas del cerebro que cambian debido al procesamiento de los estímulos extrínsecos. Mientras que los sujetos con ceguera congénita exhiben un volumen cortical más bajo en ambas áreas frontales (*Brodmann Area* (BA) 44, 45) y áreas visuales (BA 17, 18) [357], en comparación con una población control, la conectividad funcional entre las áreas frontales (partes de BA 44, 45 y 47) y las áreas occipitales son más fuertes en la ceguera temprana [272].

1.10. BASES NEURONALES Y COGNITIVAS DEL DIBUJO

Las imágenes visuales son ampliamente reconocidas como un modo importante de cognición [23][349]. El dibujo infantil se ha visto como un indicador de desarrollo [315], por ejemplo, Piaget e Inhelder lo manifestaron así [348].

La construcción mental previa a la representación gráfica (el dibujo) suele ser estudiada frecuentemente en niños [145]. Precisamente porque lo que se quiere evaluar no son las capacidades artísticas, sino los mecanismos cerebrales necesarios para construir un concepto, esté ese concepto más o menos cerca de la realidad; y la capacidad para luego transponerlo al papel [316].

En "Meditaciones sobre un caballito de palo", el filósofo e historiador del arte Ernest Gombrich se preguntó sobre las razones que llevarían a un simple bastón de madera a significar un caballo sobre el cual el niño de la época cabalgaba y se divertía [176]. Considerando que el bastón podría representar el contenido de un concepto infantil de caballo, una "*imagen conceptual*", Gombrich constató que la elección del bastón reúne elementos oriundos tanto de la disponibilidad de materiales como del mayor o menor deseo de cabalgar experimentado por el niño que requeriría una rápida solución. Pero estas observaciones permitieron que el teórico anotara que la imagen, o representación visual de un objeto, no necesita ser completa o plena de detalles para ser comprendida por la mente humana, pues la propia mente es capaz de llenar los espacios y las lagunas de una forma imagen sugerida solo mínimamente.

Gombrich relacionó la producción de imágenes con la experiencia visual que puede ser extremadamente fugaz, simple y totalizadora al mismo tiempo. "... *la imagen conceptual podría ser identificada con lo que hemos llamado imagen mínima, es decir, aquel mínimo que hará que encaje en la cerradura psicológica [una memoria del objeto, o un deseo por el objeto]*". Este hecho hace posible comprender que muy temprano la mente humana es capaz de reconocer la estructura formal de los objetos. Así, para representar a un animal que se puede cabalgar, montándolo y sometiéndolo mediante riendas presas a un cuello

alargado e inclinado; basta la línea diagonal que el bastón-caballito de palo describe en el espacio. Esta constatación permitió que Gombrich [176] reconociera que "*... el diseño típico de un niño, un muñeco, es realmente una enumeración gráfica de aquellas características humanas de las que el niño se acordó. Representa el contenido del concepto 'infantil' del hombre*". Recurriendo a la biología, Gombrich recordó la capacidad humana, compartida con los animales, de reconocer un objeto por medio de sus aspectos más privilegiados y relevantes. Cita, para eso, los pequeños pájaros que abren sus piquitos para recibir comida cuando sus padres se acercan al nido; pero actúan de la misma manera si acercamos al nido dos manchas oscuras con formato y tamaño aproximado al de sus padres.

De modo similar, Rudolf Arnheim [22] comprendió que el niño, al dibujar, elabora un modo específico de registrar objetos y formular pensamientos. El diseño infantil es por él concebido como un esquema de representación bidimensional de las formas visuales cuya génesis demanda que "*conceptos visuales*" sean traducidos en "*conceptos representativos*".

"El niño, en realidad, en su trabajo, normalmente se basa en conceptos, pero en conceptos visuales. El concepto visual de la "mano" está formado por una base redondeada, es decir, la palma, de donde los dedos avanzan como puntas rectas a la manera de rayos de sol, (...) La vida mental de los niños está íntimamente ligada a su experiencia sensorial. Para la mente joven las cosas son como parecen, como suenan, como se mueven, como huelen. (...) la elaboración de imágenes de cualquier tipo requiere el uso de conceptos representativos. Los conceptos representativos proporcionan el equivalente, en un medio particular, de los conceptos visuales que se quieren representar...".

El hecho de que el diseño infantil sea comprendido como planificación de los objetos y como una representación gráfica relacionada con las formas geométricas básicas estructurales de esa planificación, parece esencial a la idea de diseño en sí misma y, también, a la idea de que este dibujo contiene, esquematiza, una globalidad del objeto. El diseño infantil evoca los objetos como

un esquema general de una categoría. La percepción visual no parte de los detalles sino de las generalidades [427]. La redondez, la triangularidad, son percepciones primeras y fundamentales, así como *"la categoría de perro es percibida antes que la característica particular de un perro concreto"*, es decir, se perciben los *"aspectos estructurales generales más simples"*. Esta misma generalización, que Arnheim percibe en los esquemas gráficos, es uno de los presupuestos del aprendizaje de la palabra y del lenguaje. Cuando un adulto apunta al niño la figura de un conejo en un libro de historias y dice la palabra *conejo*, el niño aprende y repite la palabra utilizándola no sólo para aquel conejo, sino para todos los conejos [330]. El niño percibe que la palabra designa, dibuja, una categoría de objetos [331].

El diseño puede ser considerado la escritura primitiva del niño en la primera infancia [435]. Entre los dos y los cuatro años de edad le encontramos aprendiendo a hablar y aprendiendo a dibujar. La palabra y el diseño son equivalentes simbólicos. El dibujo es la primera manera de "escribir" la palabra que nombra el objeto [436]. Después del aprendizaje de la escritura, poco a poco el diseño infantil deja de ser esquemático y globalizante como la palabra, para tornarse cada vez más comprometido con detalles que provoquen la ilusión de plena visualización de un objeto particular. El diseño pasa a adquirir paulatinamente las características de una producción que solemos denominar *"diseño de observación"* o *"diseño clásico"*, o aún se configuran como copias de dibujos divulgados por los medios electrónicos o impresos como los Cómics.

Para Henri Wallon [428][429], las representaciones o patrones mentales, así como las representaciones gráficas de los objetos por el diseño infantil, son *"imágenes-definiciones, cuya naturaleza es ser estática"*. El autor relata un caso patológico que, en su comprensión, ilustra la forma en que el niño se relaciona con sus esquemas. Cuenta que tras un período depresivo una paciente relató que, en el estado de alteración mental,

"... las cualidades de las cosas le habían aparecido como rigurosamente conformes a su esencia. El cielo era absolutamente azul como en ciertos cromos; las flores de una regularidad espléndida."

Al apagar las contingencias de la imagen y los grados de las sensaciones, cada objeto aparecía como si fuera una calidad específica e invariable. El mar es azul, la tierra es castaña, la casa blanca, sin atenuación y por definición. Las imágenes que agradan al niño son las que representan esta simplificación esquemática. Deben ser las que corresponden mejor a su representación de las cosas”.

Como si, en su esfuerzo para identificar las categorías de las cosas y aprehender el mundo donde vive, el niño necesitará, en un primer momento, abdicar de las infinitas variables de color, volumen o dimensión, que los objetos de una misma categoría pueden presentar para, genéricamente, indicar atributos más característicos y relevantes. En situación de patología, el esquema puede ser un síntoma de la enfermedad que puede indicar una fragmentación del objeto. Por el contrario, en la infancia, el esquema indica una totalidad.

Entre los dos y los tres años de edad los niños se relacionan con los objetos ejercitando todos los sentidos, obteniendo "una impresión general". No explotan sistemáticamente "cada detalle del objeto" [108]. En este grupo etario, son capaces de seleccionar y reunir formas geométricas similares a partir de un conjunto de carteles con figuras de formas muy diversas. Este hecho confirma el modo globalizante con el que los niños se relacionan con las formas y objetos. El acto de dibujar, sin embargo, presenta un diferencial significativo y así, reconocer la figura de un plano bidimensional en su configuración circular o triangular es diferente de construir esas figuras utilizando líneas de contornos para reproducirlas en un dibujo.

"El diseño es una actividad secuencial. (...) Debemos considerar un cuadrado, por ejemplo, como cuatro líneas rectas distintas; tenemos que decidir por dónde empezar y en qué orden dibujar las líneas, y necesitamos dibujar cada línea en la posición correcta en relación a su "compañera" en el modelo, cerciorarnos de su longitud correcta y de que cada línea encuentre la otra en el ángulo debido" [108].

El diseño infantil concebido como un esquema, representa, evoca los objetos por medio de configuraciones gráficas construidas a partir de líneas y planos. Los

planos, o espacios oclusivos, tienen como referencia formas básicas (geométricas) que sintetizan, en el espacio bidimensional, las múltiples apariencias de los objetos del mundo. No es raro, un círculo y dos líneas dan origen al primer dibujo infantil. Se trata de la rotundidad de la cabeza y de la linealidad de las piernas (o brazos) componiendo la figura humana. Una vez concretada la primera representación gráfica el niño pasa a repetirla. Si el primer muñeco fue nombrado "mamá", el segundo puede ser nombrado "papá", el tercero "abuela", presentando todos el mismo trazado básico.

Es posible comprender el diseño infantil como un reflejo, en el medio gráfico, de una representación mental de los objetos, de una memoria, que sintetiza y categoriza los objetos con los que el niño convive. En 1927, George-Henri Luquet [283] construyó los conceptos de "tipo" y "modelo interno" para el diseño infantil, y por eso, destacó la palabra "realismo" para nombrar las etapas gráficas de un dibujo que comprendía esencialmente como una representación de "formas de vida" de los objetos y de las escenas experimentadas visualmente por los niños. En este punto de vista el diseño ya se considera un modo de aprehender, registrar y comunicar el microcosmos infantil. Luquet elaboró el concepto de "tipo" o dibujo-tipo, al verificar la permanencia de un mismo modo de representación. *"...La representación que un determinado niño hace de un mismo objeto o motivo a través de una sucesión de dibujos que presentan una evolución gradual"*.

El autor caracterizó el "tipo" por medio de dos aspectos: conservación (elemento de estabilidad) y modificación (elemento de alteración).

- La conservación manifiesta una rutina, un automatismo, una inmediatez y una continuidad en la representación de un mismo objeto por medio de un mismo diseño.
- La modificación expresa cambios ocurridos en el "tipo" provocados por factores como: una observación del propio niño o de otra persona, la visualización del dibujo de otra persona o una percepción más atenta de algunos detalles del objeto dibujado como, por ejemplo, el número correcto de dedos de la mano.

La relación entre conservación y modificación hace ver en los dibujos una etapa de "conservación primaria", seguida de una nueva etapa "conservación secundaria", bien fáciles de observar en la fase del "muñeco", cuando éste es prácticamente el único diseño y único "tipo" elaborado por el niño. La conservación de tipos o patrones, es un elemento de la primera infancia que puede ser verificado en otras situaciones como la insistencia del niño en que el adulto haga un determinado diseño siempre de la misma manera o cuente una historia siempre con la misma secuencia y repitiendo las mismas frases.

La permanencia del "tipo" permite que Luquet [283] formule otro concepto, aún hoy fundamental para la comprensión del diseño infantil. Se trata de la concepción de "Modelo Interno". El modelo interno es una representación mental que traduce el objeto en su dibujo. *"Es una refracción del objeto a dibujar a través de la mente del niño, una reconstrucción original que resulta de una elaboración muy complicada a pesar de su espontaneidad"*. Se trata, como diría Arnheim más tarde, de traducir conceptos visuales en "conceptos representativos" [22].

La existencia de un modelo interno, es decir, de un patrón mental específico para representar mediante el dibujo determinado objeto, promueve la permanencia del "tipo", un modo estandarizado, repetitivo y automatizado de dibujar este o aquel objeto considerando sus aspectos más privilegiados y relevantes. Las concepciones de "tipo" y "modelo interno" pueden ser identificadas con las nociones de "imagen conceptual" e "imagen mínima" en Gombrich [176], y "concepto visual" y "conceptos representativos" en Arnheim [22]. En los tres casos se establece una diferencia fundamental entre el objeto propiamente dicho, la imagen mental de ese objeto, y su representación por el diseño. Para estos autores el acto de dibujar, en la primera infancia, involucra un proceso de comprensión genérica de la figura por medio de sus líneas y planos esenciales. El resultado obtenido se distrae completamente de la visualidad mimética y refrenda la idea de un esquema general que representa gráficamente una categoría de objetos. El diseño "tipo", apoyado en la imagen mental denominada por Luquet [283] como "modelo interno", ejemplifica plenamente este procedimiento.

De este modo, se establece una diferencia fundamental entre:

- a) El diseño de una figura básica que representa un objeto, porque mantiene con él una analogía suficiente a su identificación visual y presenta sus características visuales más generales y significativas, constituyendo por ello un "concepto representativo" o "esquema gráfico".
- b) La representación de un objeto específico, cuyas particularidades están garantizadas por procesos ilusorios que lo registran en un espacio y un tiempo determinados.

Estos estudios en investigaciones anteriores [140][141][142] han fundamentado la decisión de proponer la enseñanza de diseño para niños ciegos teniendo como referencia los "esquemas gráficos" usualmente utilizados por niños e incluso adultos no iniciados [141][140][118][119]. El diseño que se denomina ahí "esquema gráfico" es coincidente, en el plano gráfico, con la concepción de "tipo" en Luquet [283], "representación gráfica" en Gombrich [176], "conceptos representativos" en Arnheim [22] y, más recientemente, con la concepción de "iconotipo" elaborada por Bernard Darras [119]. "Esquemas gráficos" son, en el ámbito del diseño infantil, un recurso de presentación de una síntesis general de una determinada categoría de objetos. Son al mismo tiempo una simplificación y una totalidad.

Oliver Sacks indicó de modo claro que el ciego sólo percibe como realmente entero, en su totalidad, aquel objeto que cabe en su mano, es decir, el objeto que él puede sentir de una sola vez, en un solo toque [374]. Kennedy comprobó que los ciegos, como los videntes, comprenden la noción de línea de contorno, la línea imaginaria que el borde de los objetos permite intuir [241]. La línea de contorno es una línea inexistente, pero, a los ojos de quien ve o al tacto de quien toca, determina los bordes de la superficie del objeto: límite que lo separa de los otros objetos y contorno que lo encierra.

Los estudios sobre el diseño infantil identifican, hace más de un siglo, el círculo como la primera figura dibujada por todos los niños. Rudolf Arnheim (1974) reconoció que el movimiento de palanca, propio de la anatomía del brazo, es el percusor natural del gesto que dibuja y cierra la circunferencia en el espacio [22].

A partir del cierre del círculo, los niños construyen las primeras representaciones de la figura humana, del sol, de la copa de los árboles.

La experiencia anterior con adolescentes ya había evidenciado la importancia del reconocimiento y de la utilización de las figuras geométricas como apoyo al dibujar de los ciegos [140] y contribuyó decisivamente a la elección de esas figuras como recurso básico al dibujar.

Kosslyn y colegas [250] han mostrado una estrecha relación entre imaginaria visual y percepción visual, lo que conduce a nuevas maneras de manipular e interpretar las imágenes mentales. Trabajar con imágenes se ve enormemente facilitado por la capacidad humana de dibujar.

Karmiloff-Smith al volver a analizar el desarrollo cognitivo, defendió las limitaciones específicas del sistema en el dominio de la notación (en el que incluyó tanto el dibujo como la escritura) [237]. Los dibujos se han visto como un medio para transacciones sociales y culturales [71], aprendizaje y pensamiento [22] y como una herramienta para la resolución de problemas [360]. Sin embargo, la relación entre los dibujos y la imaginaria visual ha sido poco explorada. En general, la investigación sobre dibujos se ha centrado en producciones espontáneas precoces, mientras que aquella sobre imaginaria se ha enfocado en representaciones sencillas y fácilmente codificadas.

La práctica y la pedagogía de la ciencia, rica en imágenes, depende fundamentalmente de la utilización de dibujos. Los dibujos en ciencia están incrustados en un contexto conceptual elaborado. El uso que hacen los niños de los dibujos en la ciencia, por lo tanto, debe verse en relación con su imaginaria visual, así como con su comprensión proposicional en el área de contenido.

La hipótesis de doble codificación de Paivio [341] relaciona dos componentes o sistemas de codificación separados, pero altamente interconectados, de la cognición; concretamente, imaginario y verbal. Mientras que el sistema verbal procesa materiales lingüísticos, el sistema no verbal (del cual un aspecto principal es la imaginaria visual) está especializado en el procesamiento de datos no verbales [341].

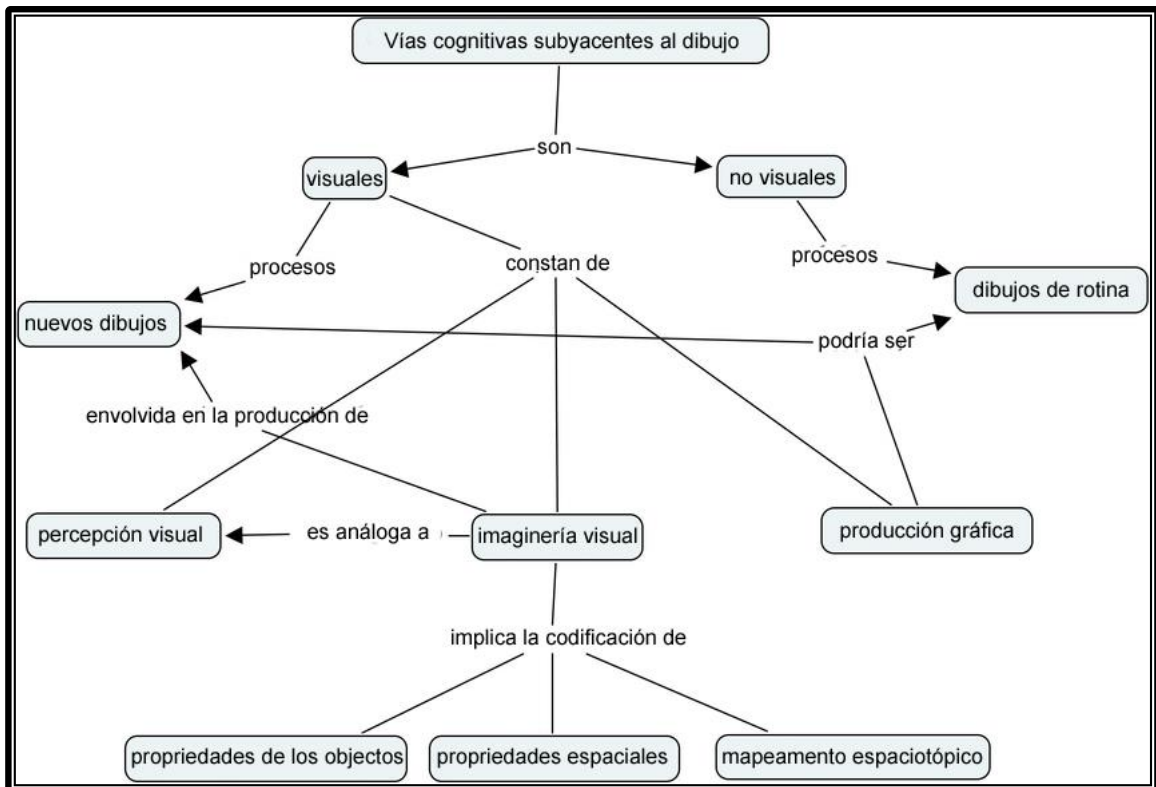


Figura 16 – Caminos subyacentes al dibujo basados en el modelo de Guérin [190]

Para comprender el papel de la imaginación en el dibujo, se puede utilizar el modelo de Van Sommers, tal y como fue modificado por Guérin y compañeros [190]. El modelo postula dos tipos de vías cognitivas en la producción de dibujos: una vía visual para el procesamiento de dibujos novedosos y no familiares, y una vía no visual para el procesamiento de dibujos habituales y familiares (Figura 16). De hecho, el modelo desarrollado por Van Sommers [420][421] se inspiró en estudios de casos neuropsicológicos cuyo patrón de déficits sugería que el sistema de dibujo podría dividirse en diferentes módulos, cada uno representando una etapa diferente en el proceso de dibujo. Como resultado, separó el proceso de dibujo en dos sistemas jerárquicos; el sistema perceptivo visual y el sistema de producción gráfica.

La segmentación del sistema de dibujo refleja el enfoque de Van Sommers sobre los procesos representativos (*“depictive processes”*) durante el dibujo, así como

el búfer⁴ que funciona como un espacio de trabajo para las representaciones visuales entrantes y almacenadas previamente.

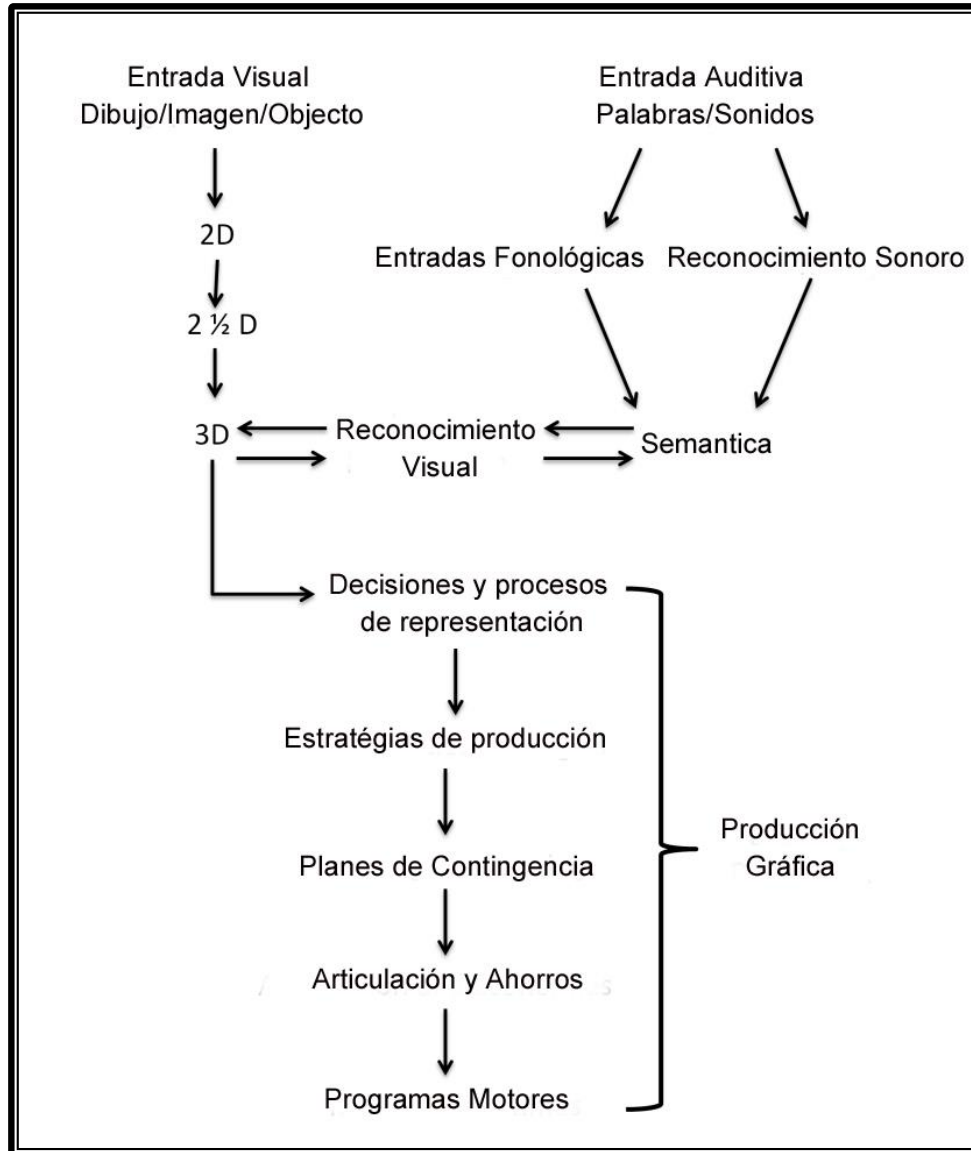


Figura 17 – Modelo de Producción Gráfica de Van Sommers [421]

El componente de percepción visual del modelo no nos interesa en especial en este trabajo. El relevante es el sistema de producción gráfica y ahí, como se puede observar mejor en el esquema original de Van Sommers (Figura 17), queda claro que no puede existir ningún “output” gráfico (dibujo) sin planificación,

⁴ En informática, un búfer es un espacio de memoria, en el que se almacenan datos de manera temporal

estrategias y programas motores, pero todos basados en procesos y decisiones de representación. Es decir, no se puede dibujar (representar gráficamente) algo que ya no esté previamente representado internamente [92][93][94].

Van Sommers se basa en la propuesta de Farah [152] de que el búfer visual es un componente clave del sistema de procesamiento visual y es el medio por el cual las representaciones a largo plazo se llevan a la conciencia visual consciente. Argumenta que las representaciones visuales a largo plazo existentes se usan para ayudar a la producción de dibujos al segmentar la información visual entrante, de manera similar a los esquemas visuales de Ernst Gombrich [176]. Esta fragmentación de la entrada visual alimenta directamente la producción del dibujo. El modelo de Van Sommers [420][421] es una integración de los informes de imaginación visual que explica cómo se percibe el estímulo de lo que se debe dibujar y de los modelos de memoria visual que explican cómo se crean los dibujos al hacer referencia al conocimiento de las representaciones almacenadas previamente. El modelo destaca cuatro componentes clave que pueden contribuir al dibujo exitoso: procesamiento de la percepción visual, imaginación visual, memoria y procesos motores. La imaginación visual está implicada en el proceso de dibujo a través de su estrecha conexión con la percepción visual que, por supuesto, desempeña un papel fundamental en la precisión del dibujo [101][258][339].

Finke sostiene que el sistema de imaginación visual emplea casi los mismos procesos de percepción como los utilizados para percibir el mismo estímulo [155][156], aunque se ha argumentado que no se puede acceder a los dos a la vez porque ambos sistemas utilizan las mismas operaciones y sustratos [308]. Ganis, Thompson y Kosslyn indicaron una superposición entre las regiones del cerebro reclutadas durante imaginación visual y percepción visual de, al menos, el 90% [169], y muchos estudios han demostrado interferencia entre imaginación visual y percepción visual [109].

Pérez-Fabello y Campos sugieren que, si *"los procesos involucrados en las imágenes mentales están estrechamente relacionados con los involucrados en*

la percepción de objetos reales, los sujetos con mayor capacidad de imaginiería deberían tener una mayor capacidad para visualizar y dibujar escenas". [344]

A pesar de su proximidad a los procesos perceptivos, el papel de las imágenes mentales en el dibujo observacional aún no está determinado y es relativamente poco estudiado. Se sabe que existen diferencias individuales en las imágenes mentales [62] y, por lo tanto, es posible que dichas diferencias puedan respaldar o ser causadas por la participación en las artes visuales. Weisberg argumentó que las imágenes mentales también podrían usarse durante la creación de nuevas obras de arte al recordar las representaciones almacenadas [432]. Se podría argumentar que tal facultad puede emplearse en el dibujo representativo cuando el dibujante debe recordar las características de un objeto sin mirarlo, o en la recuperación de esquemas apropiados para guiar la representación y segmentación del estímulo entrante [177][388], así como durante la comparación de la imagen dibujada con su tema [389][390].

Sin embargo, la evidencia neuropsicológica sugiere que la imaginiería visual no es necesaria para el dibujo representativo, ya que un paciente con un déficit severo de imaginiería visual aún podía producir dibujos observacionales detallados y competentes, que se reducen a simplistas y esquemáticos cuando se producen desde la memoria [64]. Esto sugiere una dicotomía entre el papel de la imaginiería visual para el dibujo basado en la observación y para el dibujo de memoria.

En un estudio más reciente, no hubo diferencias en las clasificaciones para imaginiería auto-reportadas entre artistas y no artistas, lo que sugiere que la imaginiería visual no está implicada en la mayoría de los procesos asociados con el dibujo representativo [78].

A pesar de una supuesta superposición entre la percepción visual y los procesos de imaginiería visuales, parece que todavía hay poca evidencia de un vínculo entre la capacidad de imaginiería y la capacidad de dibujo. En el estudio de Botez y compañeros [64], parecería que los procesos de imaginiería visual interactuaban con los procesos que apoyan la retención de estímulos en la memoria visual, de modo que, el dibujo se vio afectado solo cuando la memoria

visual estaba involucrada. Sin embargo, el vínculo entre la imaginación visual y la propia memoria visual no es claro.

Algunos investigadores han argumentado que existe una distinción representativa entre imaginación visual y memoria visual, lo que hace concebible que los procesos de memoria visual puedan emplearse en el dibujo sin la necesidad de involucrarse en procesos adyacentes de imaginación visual [208][421]. Es probable que los sistemas de percepción de nivel superior, como la memoria a largo y a corto plazo, excluyan la información métrica precisa a favor de representaciones conceptuales más abstractas, y no se espera que tengan una naturaleza imaginaria [209]. En apoyo de esto, se ha demostrado que las puntuaciones en el Cuestionario sobre Intensidad de la Imaginación Visual (*Vividness of Visual Imagery Questionnaire - VVIQ*) no se correlacionan con las mediciones objetivas del desempeño de la memoria de trabajo visual [121], mientras que el Ruido Visual Dinámico (*Dynamic Visual Noise - DVN*) interrumpe procesos de imaginación visual [358] pero no la memoria a corto plazo [14].

De todos los estudios mencionados, lo que podemos concluir es que no es posible hacer una representación gráfica de cualquier concepto mental, o sea, dibujar algo, sin que los procesos internos de representación y decisión estén concluidos. La imaginación previa a la representación gráfica presupone la codificación de propiedades espaciales y del objeto y de mapeamiento somatotópico, sea a través del sistema perceptivo visual o del sistema de producción gráfica. Resumiendo, no puede existir dibujo sin planificación visual interna previa.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1. HIPÓTESIS

La cuestión sobre imaginación visual (producción de imágenes visuales mentales) y percepción visual sigue siendo una cuestión abierta. Muchos estudios [34][46][63][103][131][248][251][252][253][254][261][332][368][371][372][413][414][418] han tratado de entender si los dos procesos comparten los mismos mecanismos o si son independientes, utilizando diferentes sustratos neuronales.

Parece que el estudio de la imaginación visual en ciegos se puede utilizar como una forma de responder a algunas de estas preguntas, a saber, si es posible tener imágenes visuales sin percepción visual. La cuestión remanente es si esas imágenes están basadas en contribuciones de áreas visuales primarias o áreas visuales superiores, o si la imaginación visual y la percepción visual comparten los mismos mecanismos y áreas corticales.

Se han planteado tres hipótesis principales sobre este tema: a) Existe una separación anatómica entre las áreas corticales visuales utilizadas por la imaginación visual y las que sirven a la percepción visual; b) Las áreas utilizadas para la imaginación visual forman un subconjunto de las involucradas en la percepción; c) Las áreas utilizadas por la percepción y la imaginación visual son las mismas [371].

Los sueños con contenido visual son expresiones de imaginación visual. Por lo tanto, si pudiera ser demostrada la presencia de sueños con contenido visual en personas con ceguera congénita, esto implicaría que las imágenes visuales son posibles en sujetos que nunca han tenido experiencias visuales. Además, esto permitiría inferir que las imágenes visuales no dependen de la percepción visual específica, sino que pueden surgir de la activación de la corteza visual por entradas no visuales [276]

La investigación llevada a cabo en este trabajo trata, efectivamente, de hacer frente a algunas de estas cuestiones controvertidas, sobre todo de la relación

HELDER BÉRTOLO

entre el sueño y la actividad cerebral y la imaginería visual onírica de ciegos congénitos.

Nuestra hipótesis de trabajo es que sí es posible tener imaginería visual sin percepción visual y que los ciegos congénitos constituyen un modelo preferencial para estudiarla ya que están “desafereciados” visualmente.

2.2. OBJETIVOS

El objetivo principal fue evaluar la capacidad de generar representaciones visuales mentales sin percepción visual, utilizando el contenido visual de los sueños de ciegos congénitos y su correlación con los parámetros espectrales de su electroencefalograma (EEG) durante el sueño.

Los objetivos secundarios planteados fueron:

- Estudiar el contenido visual de los sueños de ciegos congénitos, concretamente, la existencia de expresiones clasificadas como visuales en los informes oníricos, después de los despertares, de acuerdo con criterios reconocidos globalmente.
- Establecer correlaciones entre las variables de análisis de contenido en los informes de los sueños y los parámetros espectrales del EEG del sueño.
- Comprobar si se produce la atenuación de la banda espectral alfa respecto al índice que informa del contenido visual de los sueños.
- Verificar la existencia de diferencias entre ciegos congénitos y el grupo control de videntes, en cuanto a los contenidos oníricos y su correlación con las bandas espectrales.
- Estudiar la existencia de Movimientos Oculares Rápidos y su relación con el recuerdo del sueño.
- Analizar si los ciegos son capaces de representar gráficamente las escenas de los sueños que han relatado y establecer diferencias con los videntes.
- Utilizar una herramienta cuantitativa de evaluación de la representación gráfica para observar diferencias entre ciegos congénitos y videntes en la representación gráfica de una figura humana.

METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

El Comité de Bioética de la Facultad de Medicina de Lisboa aceptó el estudio y fue recogido el consentimiento informado de los voluntarios (Anexo 8) [99].

La muestra de sujetos estuvo formada por 10 ciegos congénitos y 10 videntes de control, emparejados por sexo, edad y nivel de escolarización. Se llevó a cabo el registro polisomnográfico (PSG) durante dos noches consecutivas, con despertares seriados para recoger información sobre el recuerdo onírico.

Uno de los sujetos de control no participó en la segunda noche de registro por lo que fue retirado del estudio.

3.1. PARTICIPANTES

Los participantes ciegos fueron seleccionados con el apoyo de ACAPO (Asociación de Ciegos y Ambliopes de Portugal). Los sujetos videntes fueron seleccionados con los mismos criterios de inclusión que los sujetos ciegos indicados a continuación. Además, fueron emparejados con estos por sexo, edad y nivel de escolarización.

Fueron evaluados 10 sujetos ciegos congénitos (edad: $28,2 \pm 5,2$ años; 5 hombres y 5 mujeres) y 9 sujetos videntes (edad: $28,2 \pm 5,5$ años; 4 hombres y 5 mujeres) (Tabla 2). No hubo diferencias entre los grupos relativos a la lateralidad (diestro / zurdo), ya que todos los participantes eran diestros. Además, aproximadamente 60% de los ciegos y de los videntes poseían un curso universitario y profesiones que garantizaban un buen nivel de interacción y oralidad.

Los criterios generales de inclusión fueron: adultos jóvenes (entre 18 y 40 años); tener superados al menos 12 cursos de educación escolar obligatoria y buena capacidad oral. Sujetos sanos, sin enfermedades médicas activas, sin enfermedades psiquiátricas diagnosticadas, sin trastornos del sueño y con

horarios de sueño regulares. No tomaban medicación habitual, con la excepción de los anticonceptivos orales.

Se realizó una entrevista personal y seis cuestionarios preliminares para confirmar el cumplimiento de los criterios de inclusión en el estudio:

- **Cuestionario general** (Anexo 1):

Sobre asuntos relacionados con la salud, hábitos de vida y diagnóstico de ceguera.

- **Cuestionario de sueño** (Anexo 2)

Es un cuestionario detallado y subjetivo sobre el sueño, sus características y calidad, la somnolencia diurna, la facilidad o dificultad en dormirse, quedarse dormido, mantenerse dormido, despertarse y/o mantenerse despierto, las rutinas del sueño, tipo de vida, hábitos y medicamentos.

Si los cuestionarios presentaban datos sugestivos de patología/perturbación del sueño, somnolencia diurna, consumo de sustancias/adicción o toma de medicamentos, los candidatos eran excluidos.

- **Diario de sueño** (Anexo 3)

Un diario de sueño para registrar su patrón de sueño-vigilia. Su objetivo fue medir el patrón y la calidad de su sueño y los factores que pueden afectarlo. Fue rellenado durante dos semanas antes de los registros y tiene un papel clave para programar la hora de inicio de los registros PSG.

- **Test psicológico SCL-90-R** (*Symptom Checklist 90 Revised*) [127] (Anexo 4)

Para trazar su perfil sintomático en cuanto a las siguientes categorías: somatización, obsesión, compulsión, sensibilidad, depresión, ansiedad, paranoia y manifestaciones psicóticas.

Fueron excluidos los sujetos con niveles de perturbación psicológica superior a 2 para cada una de las categorías consideradas.

NOTA: Fue utilizada la Versión Portuguesa validada por Baptista en 1993 [32]

○ **Cuestionario PSQI** (*Pittsburgh Sleep Quality Index*) [76] (Anexo 5)

El PSQI es un instrumento eficaz utilizado para medir la calidad y los patrones de sueño en los adultos mayores. Diferencia el sueño "pobre" del "buen" sueño, mediante la evaluación de siete dominios: calidad subjetiva del sueño, latencia del sueño, duración del sueño, eficiencia habitual del sueño, trastornos del sueño, uso de medicamentos para el sueño y disfunción diurna durante el último mes. El voluntario califica cada una de estas siete áreas mediante una escala Likert de 0 a 3, donde 3 representa el extremo negativo. Las subpuntuaciones son añadidas, generando una puntuación "global" que puede oscilar entre 0 y 21 de manera que, cuanto mayor sea la puntuación, peor será la calidad.

Una puntuación global superior a 5 indica una mala calidad del sueño y esos sujetos fueron excluidos.

NOTA: Al no disponer del PSQI validado en portugués en el momento de la selección de voluntarios, se procedió a la traducción del cuestionario, que vino a ser validada en 2017 por João *et al.* [226]

○ **Cuestionario ESS** (*Epworth Sleepiness Scale*) [227] (Anexo 6)

El ESS es un cuestionario autoadministrado con 8 preguntas para evaluar la "somnolencia diurna" de los voluntarios. Se pide a los encuestados que califiquen, en una escala de 4 opciones de respuesta (0-3), sus probabilidades habituales de adormecerse o quedarse dormido mientras realizan ocho actividades distintas. La mayoría de las personas se dedican a esas actividades al menos ocasionalmente, aunque no necesariamente todos los días. La puntuación del ESS (la suma de las puntuaciones de los 8 ítems) puede variar de 0 a 24. Cuanto mayor sea

la puntuación del ESS, mayor será la propensión promedio para el sueño (ASP) de esa persona en su vida diaria, o su "somnolencia diurna".

Una puntuación ESS superior a 10 sugiere somnolencia diurna excesiva (EDS) y esos voluntarios no fueron incluidos en el estudio. El cuestionario no requiere más de 2 o 3 minutos para ser respondido.

NOTA: Fue utilizada la Versión Portuguesa validada de la Escala de Somnolencia de Epworth [Centro de Estudo e Investigação em Saúde da Universidade de Coimbra (CEISUC), Laboratório de Estudos de Patologia de Sono (LEPS) do Centro Hospitalar de Coimbra, 2001], validada en 2008 por Bertolazi [46].

Tabla 2 – Caracterización de los participantes

Participante	Ciego / Vidente	Edad	Sexo	Cualificación	Diestro
1	C	35	M	Psicólogo	Si
2	C	28	M	Psicólogo	Si
3	C	30	F	Periodista	Si
4	C	26	M	12º curso	Si
5	C	25	F	Psicólogo	Si
6	C	19	F	Psicólogo	Si
7	C	24	M	12º curso	Si
8	C	27	F	12º curso	Si
9	C	36	F	12º curso	Si
10	C	32	M	Ingeniero Informático	Si
11	V	25	F	Historiador	Si
12	V	35	M	Profesor	Si
13	V	26	M	Arquitecto	Si
14	V	36	F	12º curso	Si
15	V	24	M	12º curso	Si
16	V	27	F	Periodista	Si
17	V	19	F	Estudiante de Medicina	Si
18	V	32	M	12º curso	Si
19	V	30	F	Abogado	Si

3.2. REGISTROS

3.2.1. REGISTROS POLISOMNOGRÁFICOS

Los registros se realizaron en el domicilio del voluntario durante dos noches consecutivas con el registrador poligráfico ambulatorio con 16 canales PSG + 1 canal para Eventos y 1 canal de Tierra EMBLA™ (*Flaga hf Medical Devices, Vesturhlíd 7, 105 Reykjavik, Islandia*) (Figura 18 y Figura 19):

- 8 canales de EEG [electroencefalograma] (F4, F8, C4, T4, P4, T6, O1 y O2 con referencia a A1 (sistema 10-20))
- 2 canales de EOG [electrooculograma] (vertical y horizontal)
- 2 canales de EMG [electromiograma] (mentoniano y piernas)
- 1 canal de ECG [electrocardiograma]
- 1 canal de flujo oronasal
- 1 canal de respiración torácica
- 1 canal de roncopatía
- 1 canal de oximetría y pulso (entrada Evento)

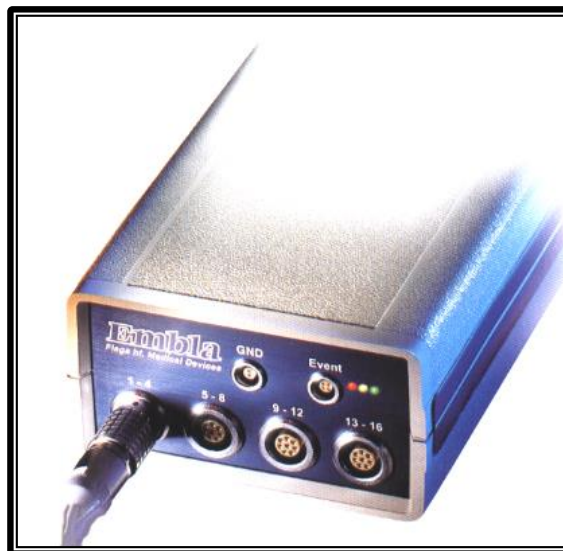


Figura 18 – El registrador poligráfico ambulatorio EMBLA™

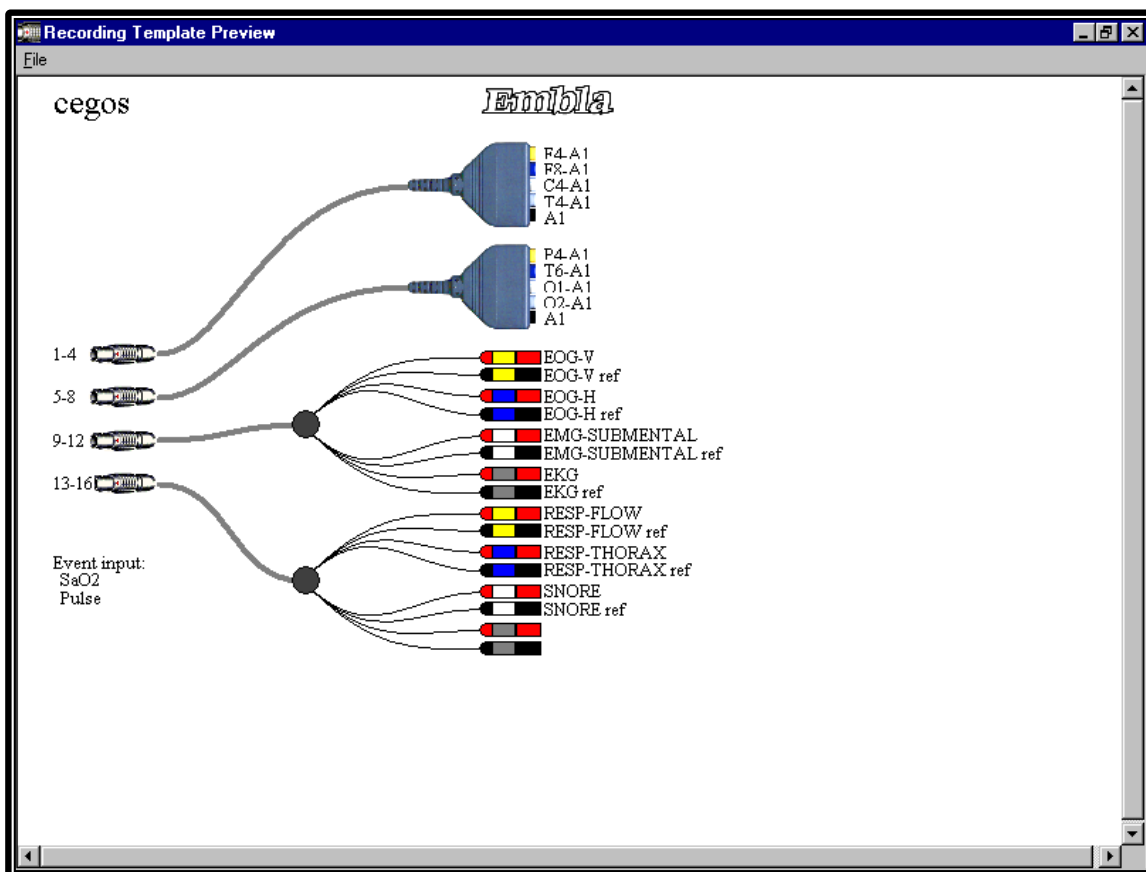


Figura 19 – Ejemplo de representación de los canales polisomnográficos registrados para ayuda a la colocación

Las frecuencias de muestreo, los filtros y las gamas de entrada (*Input Range*) para cada señal son presentados en la Tabla 3.

Tabla 3 - Características físicas de las señales

Variable	Frecuencia de Muestreo	Filtros (Pasa-Alto)	Input Range
EEG	100 Hz	0,5 Hz (AC)	± 781,3 µV
EOG	100 Hz	0,5 Hz (AC)	± 781,3 µV
EMG	200 Hz	0,5 Hz (AC)	± 8 mV
ECG	200 Hz	0,5 Hz (AC)	± 8 mV
Flujo respiratorio	10 Hz	0,5 Hz (AC)	± 8 mV
Movimiento Torácico	10 Hz	0,5 Hz (AC)	± 8 mV, Corriente DC
Ronquido	100 Hz	0,5 Hz (AC)	± 8 mV
SpO ₂ /Pulso	1Hz		

Un técnico de neurofisiología especializado en el uso del registrador poligráfico y yo llegábamos al domicilio del voluntario y el técnico se encargó de colocar los sensores (Figura 20):

1. Electrodo de Ag/AgCl (plata/cloruro de plata) para EEG, EOG y EMG,
2. Electrodo de Ag/AgCl adhesivos desechables para ECG,
3. Sensor térmico para flujo oronasal
4. Micrófono piezoeléctrico para roncopatía
5. Banda piezoeléctrica para respiración torácica y
6. Sensor flexible reusable de luz roja e infrarroja para oximetría (SpO₂ – saturación de oxígeno) y pulso.

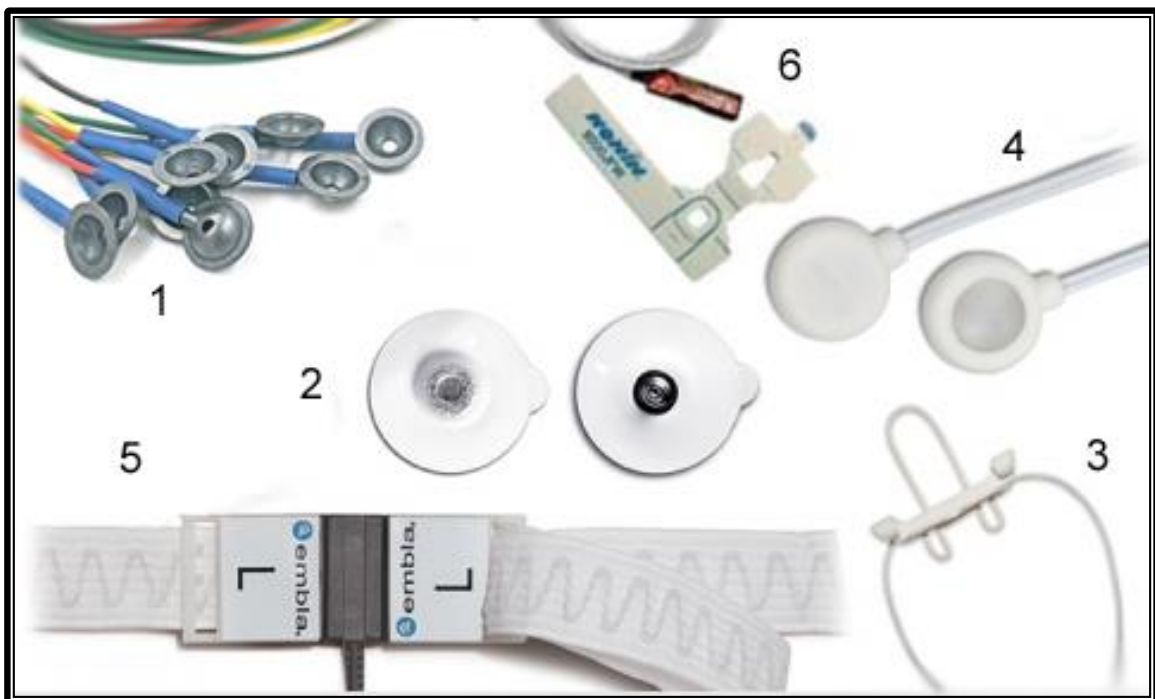


Figura 20 - Los distintos sensores utilizados

Para la aplicación de los electrodos en el cuero cabelludo se utilizó un gel adhesivo de colodión y un conductor (Electro-Gel™ de *Electro-Cap Center B.V.*, *Smederij 12, 2421 MV Nieuwkoop, Países Bajos*), después de la preparación del área por medio de abrasión leve, con una aguja punta roma, para reducir la impedancia del electrodo-cuero cabelludo.

Después de hacer todas las pruebas para comprobar que el registrador funcionaba correctamente y de programar la alarma, abandonábamos el domicilio del participante.

El software SOMNOLOGICA 2.0 (del mismo fabricante que el registrador poligráfico ambulatorio EMBLA™) fue utilizado para el “scoring” visual del sueño, basado en las reglas de Rechtschaffen y Kales [362], para los hipnogramas correspondientes y para el análisis automático de la señal (Figura 21 y Figura 22).

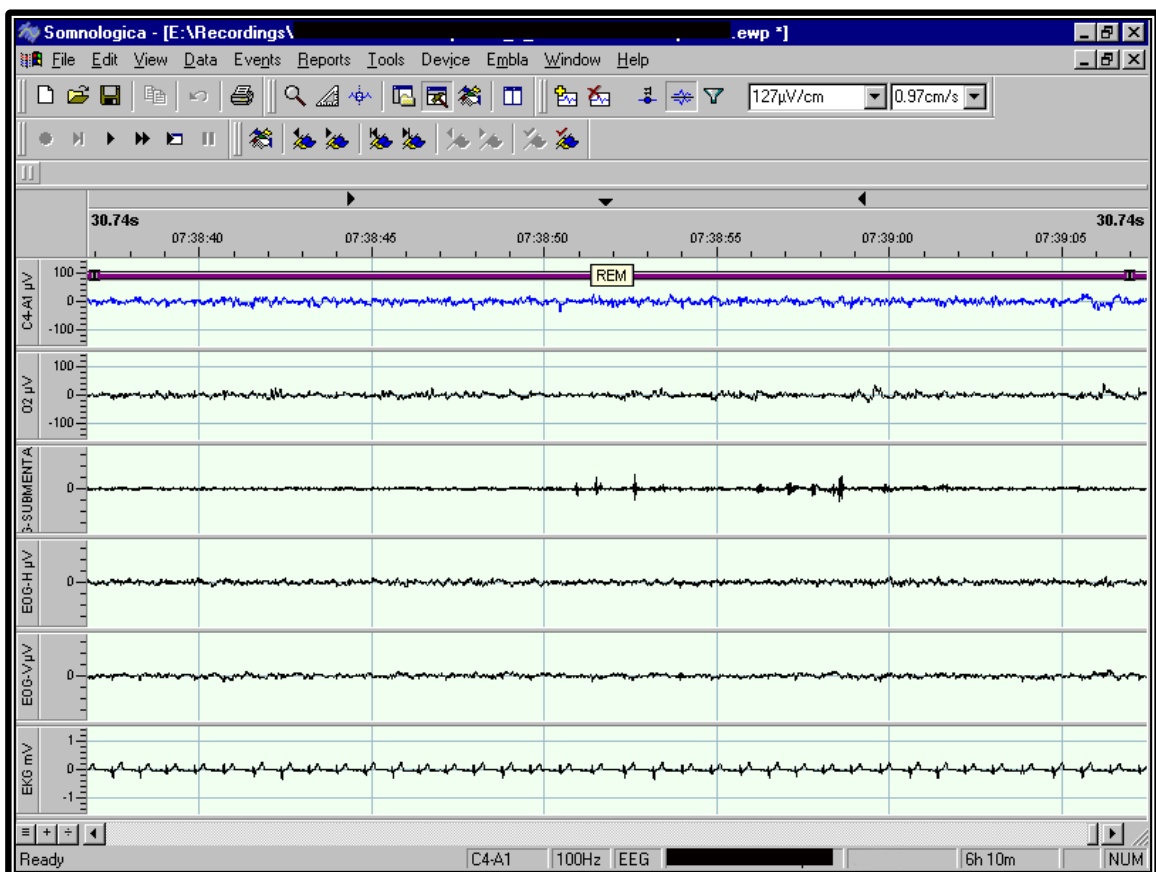


Figura 21 - Una época de 30 segundos de registro es la base para el “scoring”

El “scoring” visual del registro polisomnográfico del sueño se hizo siguiendo las reglas para cada fase del sueño, tal como fue explicado en el apartado 1.6.1. para épocas de 30 segundos (Figura 21).

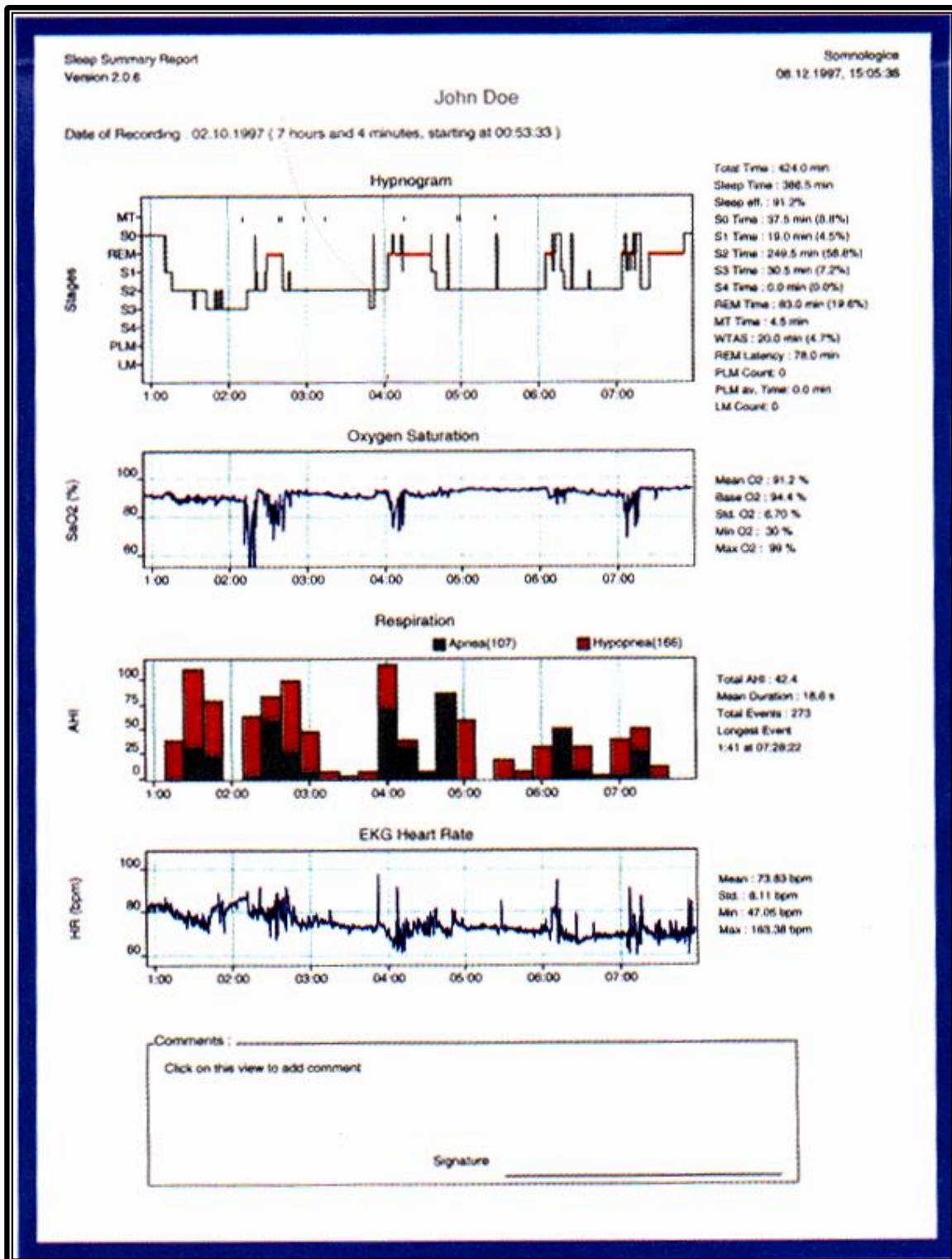


Figura 22 - Ejemplos de análisis del software Somnologica 2.0

Para identificar las fases, además de las señales de EEG, también son imprescindibles las de EMG y EOG. Para clarificar algunas dudas, los canales de ECG y respiración son también muy importantes, especialmente cuando las

personas son más obesas, ya que la grasa aumenta la conducción y puede contaminar las señales de EEG y EMG con las frecuencias respiratorias y del ECG.

Por motivos éticos, cuándo se hace un registro polisomnográfico se suele hacer completo, con todas las señales, para poder detectar cualquier perturbación del sueño, sea respiratoria (roncopatía, apneas, ...), cardíaca (bloqueos auriculares o ventriculares, taquicardias, bradicardias, arritmias, ...), muscular (síndrome de las piernas inquietas, trastorno de movimientos periódicos de las extremidades, ...) o neurológicas (parasomnia del REM, sonambulismo, ...).

Además, dormir con electrodos y sensores por todo el cuerpo y ser despertado varias veces durante la noche, durante dos noches consecutivas, y aún reportar sueños que pueden tener contenidos íntimos o embarazosos, no es una tarea muy agradable, por lo que suele ser un poco difícil encontrar voluntarios para este tipo de estudios. Por consiguiente, se aprovecha la oportunidad para registrar todas las señales posibles que pueden permitir realizar otros análisis posteriores o contestar a nuevas hipótesis.

3.2.2. RELATOS ONÍRICOS

Se dieron instrucciones estándar durante la colocación de los electrodos:

Después de lograr despertarse, el voluntario debería apagar la alarma y dictar a un grabador todo lo que estaba pensando antes de despertar. Cuando estuviese seguro de que no tenía nada más que relatar, podía volver a dormirse.

Los despertares fueron realizados cuatro veces cada noche, cada 90 minutos, a través de una alarma digital programable, sin realizar ninguna interacción o diálogo con el participante, de acuerdo con el protocolo de Murri y colaboradores [329].

El primer despertar fue realizado 90 minutos después de la hora normal de acostarse, establecida según el diario de sueño previamente realizado.

3.3. ANÁLISIS DE DATOS

Se realizaron tres análisis diferentes de los datos recogidos: análisis de contenido sobre los relatos oníricos, análisis sobre el EEG de sueño y análisis gráfico sobre los dibujos.

3.3.1. ANÁLISIS DE CONTENIDO ONÍRICO

Se realizó un análisis “ciego” de los datos para evitar el posible sesgo del evaluador a la hora de analizar las respuestas. Los análisis del contenido de los relatos oníricos deben ser realizados sin información previa sobre el soñador para que los estudios puedan usar de una forma científica ese análisis de contenido [137][138]. Estos análisis ciegos son esenciales, ya que siempre hay la posibilidad de que el analista "lea" en los relatos oníricos informaciones biográficas que tiene sobre el voluntario, impidiendo así la objetividad del análisis. En nuestro estudio, cada relato fue evaluado independientemente por dos investigadores, que no tenían ninguna información previa sobre el participante, en especial, desconocían si era vidente o ciego.

Para realizar el análisis del contenido onírico se utilizó el sistema de Hall-Van de Castle, cuyos criterios permiten un alto índice de reproducibilidad y quizá sean los más utilizados en trabajos recientes de análisis de contenidos oníricos [188]. El sistema de Hall-Van de Castle considera diez categorías genéricas, la mayoría de las cuales se encuentran divididas en dos o más subcategorías. Las diez categorías generales son las siguientes:

- Personajes
- Interacciones sociales
- Actividades
- Compromiso: éxito y fracaso
- Suertes y azares
- Emociones
- Entornos físicos: lugares y objetos

- Elementos descriptivos
- Comida y alimentación
- Elementos del pasado

En este trabajo se utilizaron dos de las diez categorías de Hall y Van de Castle [192]: Actividades y Emociones, reproduciendo el procedimiento del trabajo realizado por Erica Guimarães en 1996 [188], ya que uno de los objetivos principales es estudiar la actividad visual, que queda perfectamente englobado en la categoría “Actividades”.

Se transcriben a continuación los criterios de Hall y Van de Castle para la codificación de “Actividades” y “Emociones”.

CLASIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

Las actividades se definen como cualquier cosa que los personajes puedan hacer en los sueños, tal como correr, caminar, hablar o pensar. Las actividades pueden ser realizadas por un personaje actuando solo (por ejemplo, pensar), en conjunto con otros personajes (por ejemplo, reír, correr) o en interacción con otros personajes (por ejemplo, hablar). Aunque la mayoría de las actividades no sean interacciones sociales por las definiciones utilizadas en este sistema de codificación, las actividades y las interacciones sociales no son mutuamente excluyentes.

Hay ocho clases de actividades. Las categorías de actividades pueden reducirse a una categoría de actividades físicas y una categoría de actividades no físicas. La puntuación global de las actividades puede deducirse de la suma de las frecuencias de las ocho clases.

A continuación, se describen las ocho clases de actividades [192].

- **Física** (Símbolo de codificación: **F**)
Se codifica como actividad física cualquier movimiento voluntario de todo o de parte del cuerpo mientras el personaje permanece aproximadamente en el mismo lugar. La actividad física en un área espacial limitada se

enfatisa porque actividades físicas tales como caminar o correr que provocan que el personaje se desplace a un lugar diferente se codifican en la siguiente clase de movimiento.

Para que una actividad física sea codificada, su naturaleza debe ser reconocida de forma clara a partir del relato. Las referencias a un personaje a hacer compras, por ejemplo, son demasiado vagas para ser codificadas, ya que la descripción no explica las actividades específicas del personaje.

Un criterio que puede utilizarse para decidir si una actividad física debe o no codificarse es: ¿el codificador, con la información suministrada por el relato, es capaz de escenificar la actividad de tal manera que un observador la pueda identificar correctamente? Algunos ejemplos de actividades físicas codificables son "vestir", "peinar", "cepillarse los dientes", "sentarse, levantarse", "doblar", "escribir", "agarrar un objeto" y "cortar leña".

- **Movimiento** (Símbolo de codificación: **M**)

Cuando un personaje cambia de lugar a través de movimientos autónomos de su cuerpo, se codifica como movimiento. El cambio de ubicación a través de medios de transporte se codifica en la siguiente clase. "Andar" y "correr" son las actividades de movimiento más corrientes, pero hay otras posibilidades como "gatear", "deslizarse", "nadar", "trepar", etc. Los términos como "entrar" y "salir" también son codificables si se refieren a un personaje que voluntariamente realiza esas actividades. Entrar en casa es codificado como movimiento si el personaje entró caminando. Sin embargo, entrar en un hospital subido en una camilla ya no sería codificado como movimiento. Los movimientos involuntarios como caer, resbalar o ser arrojados al aire tampoco se codifican como movimiento.

- **Cambio de ubicación o lugar** (Símbolo de codificación: **L**)

Siempre que un personaje se desplaza en una dimensión espacial y llega a un lugar diferente a través de medios distintos a su propia actividad

muscular, se codifica como un cambio de lugar. Este cambio de lugar puede ocurrir porque el personaje utilizó algún medio de transporte como un coche, un avión, un barco o cayó al espacio o incluso si fue empujado, tirado o transportado por otra persona.

Cualquier verbo que sugiera un cambio de ubicación, aunque puede ser algo vago en lo que se refiere a la forma en que se realizó el cambio, es motivo de una codificación de cambio de ubicación. Algunos ejemplos son verbos como "fue", "vino", "llegó", "partió", "viajó". Si un personaje se encuentra súbitamente en un nuevo lugar por haberse producido un cambio brusco de escenario, no debe codificarse un cambio de ubicación. Para que esta codificación sea concedida es necesario que haya una indicación de que los nuevos escenarios aparecieron después de algún viaje del personaje, aunque los medios de transporte no sean especificados. Actividades como caminar y correr, descritas en la categoría anterior, no se incluyen en la categoría de cambio de ubicación.

- **Verbal** (Símbolo de codificación: **V**)

Cualquier tipo de vocalización, sea un gruñido, un discurso, un término afectuoso murmurado, un insulto, un poema recitado, un monólogo dramático, etc., se codifica como actividad verbal. "Cantar" también es codificado como actividad verbal.

- **Comunicación Expresiva** (Símbolo de codificación: **E**)

Se incluyen en esta categoría las actividades no verbales asociadas con estados emocionales que a veces no se controlan voluntariamente. En la práctica suele ser una categoría poco utilizada. "Reír" y "llorar" son las formas más comunes de comunicación expresiva, aunque "sonreír", "fruncir el ceño", "mostrar los dientes", "babear" y "jadear" también pertenecen a esta categoría.

- **Visual** (Símbolo de codificación: **S**)

Se incluyen aquí todos los tipos de actividades visuales. Entre el vasto número de palabras que denotan actividad visual se encuentran: "ver", "reparar", "observar", "acechar", "mirar", "inspeccionar" y "distinguir".

- **Auditiva** (Símbolo de codificación: **A**)
Se utiliza esta clase siempre que un personaje sea descrito como estando ocupado con cualquier actividad de audición o escucha.

- **Pensamiento** (Símbolo de codificación: **P**)
Esta última clase consiste en la forma más disfrazada de actividad, la actividad mental. Para ser codificada como pensamiento, la descripción debe indicar que existía un esfuerzo mental continuo y deliberado. Este pensamiento debe estar enfocado a un objetivo o a la resolución de un problema. Algunos verbos reflejan esta calidad de pensamiento como "concentrarse", "aclarar", "contemplar", "ponderar", "reflexionar", "rumiar", "preocupar", "absorber", "estudiar", "especular", "deliberar" y "pensar sobre algo". Los intentos de "decidir", "adivinar", "comprender" y "planificar" también son reflejos del tipo de idealización suspendida que se incluye en esta categoría.

Las actividades mentales breves y transitorias no se codifican. Por ejemplo, relatos como "Pienso que era azul", "Recuerdo que la habitación parecía familiar", "Olvidé mi chaqueta" y "No lo logré reconocer" no transmiten una sensación de actividad mental prolongada e intencional. Deseos, sentimientos y sensaciones representados en los relatos tales como "Deseaba estar en casa", "Tuve pena de él", o "Estaba extasiado con el paisaje" tampoco se incluyen en la categoría de pensamiento.

CLASIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE EMOCIONES

Las emociones se definen como todos los estados de sentimientos explícitamente referidos en el relato como habiendo sido experimentados por un personaje. El énfasis se pone en el "explícitamente referido", pues hay una gran tentación de inferir sentimientos no expresados cuando los soñadores describen acontecimientos que despiertan emociones, tales como caída, ser perseguido o enfrentar un gran peligro. La única excepción a esta regla de explicitación ocurre si el soñador describe el tipo de actividad autónoma del sistema nervioso que

acompaña la emoción en esa situación, tal como lágrimas cuando se oye la noticia de la muerte de alguien (tristeza), o sudoración y temblor cuando se siente acorralado por un animal peligroso (miedo).

Es extremadamente difícil desarrollar un sistema de codificación para las emociones, ya que hay tantas palabras diferentes para los diferentes estados afectivos y estos estados se pueden esconder unos a otros. Se presenta también el problema de codificar o no la variación de intensidad en las emociones. Después de intentar varias clasificaciones, Hall y Van de Castle [188] llegaron a la conclusión de que se obtenía mejor fiabilidad en la codificación si se limitaban los estados emocionales a cinco categorías y no se intentaba discriminar el nivel de intensidad. Las cinco categorías para las emociones son furia, aprehensión, tristeza, confusión y felicidad.

Hall y Van de Castle [192] comentan que es sorprendente el bajo número de estados emocionales mencionados en los relatos oníricos, a menos que se pregunte explícitamente por ellos y aun así no siempre están presentes. Además, la mayoría de las emociones recae en una de las cuatro categorías de emociones negativas (furia, aprehensión, tristeza y confusión). Los estados emocionales agradables son tan pocos que no hay necesidad de distinguir entre los diversos tipos de felicidad.

Por estas razones, las cinco categorías de emociones se han mostrado como bastante adecuadas y suficientes al papel limitado que desempeñan en el estudio cuantitativo del contenido onírico.

- **Furia** (Símbolo de codificación: **FU**)

Esta categoría de emociones es generalmente fácil de identificar. Algunos términos representativos de esta codificación son "enojado", "loco", "perturbado", "furioso", "beligerante" e "indignado".

- **Apreciación** (Símbolo de codificación: **AP**)

Las emociones incluidas en esta categoría pueden ser relacionadas con miedo, ansiedad, culpa y vergüenza. Aunque se reconocen diferencias entre ellas, todas estas condiciones conducen a la preocupación consciente por parte de quienes las experimentan. La persona se siente

preocupada sobre la posibilidad de lesiones físicas o castigos, o con la posibilidad de rechazo o ridículo social. Los siguientes términos, son ejemplos de los diversos grados de aprehensión: "aterrorizado", "horrorizado", "asustado", "con miedo", "preocupado", "nervioso", "alarmado", "incómodo", "con remordimientos", "arrepentido " y "avergonzado".

- **Felicidad** (Símbolo de codificación: **FE**)

Todas las palabras que describen un estado general de tono agradable se incluyen en esta categoría. Algunos de los términos que serían codificados como felicidad serían: "contento", "satisfecho", "aliviado", "divertido", "alegre", "feliz", "relajado", "maravilloso", "extasiado".

- **Tristeza** (Símbolo de codificación: **TR**)

Todas las palabras que describen un estado emocional descontento se codifican como tristeza. Las referencias al dolor físico o cansancio físico no se incluyen en ninguna de las categorías emocionales. Algunos ejemplos de términos que podrían ser codificados como tristeza son "decepcionado", "estresado", "aburrido", "deprimido", "sólo", "perdido", "miserable", "desesperado", "aplastado", "disgusto".

- **Confusión** (Símbolo de codificación: **CO**)

Aunque es discutible si la confusión es una condición que tiene el mismo grado de implicación autónoma que las emociones anteriores, Hall y Van de Castle decidieron incluirla en esta clase. Es cierto que la confusión es más un estado de ambigüedad cognitiva que propiamente una respuesta visceral. Sin embargo, el estado que acompaña la incertidumbre puede inclinarse hacia un cierto tipo de ansiedad, una frustración o incluso una depresión.

Como la confusión es un tipo de emoción y también porque es poco referida en los sueños, su clasificación parece encajar bien en la clase de las emociones. La confusión suele generarse por confrontación con algún acontecimiento inesperado o a través de la incapacidad de elegir entre alternativas disponibles. Algunas palabras que pueden indicar confusión

son "sorprendido", "atónito", "espantado", "perplejo", "extraño", "con dudas", "indeciso", "incierto", "en conflicto" y "desorientado".

En el Anexo 8 se encuentra un ejemplo de clasificación de relatos oníricos, hecha sobre un relato real de un voluntario ciego del estudio.

PARÁMETROS DE CÁLCULO

Las palabras de cada clase se suman y se dividen por el número total de palabras (TW) de cada relato, lo que resulta en un porcentaje. Cada relato fue evaluado independientemente por dos investigadores, que no tenían ninguna información previa sobre el participante, en especial, desconocían si era vidente o ciego. El valor final para cada individuo fue el promedio de las dos evaluaciones independientes.

Para cada análisis de un relato onírico, se calcularon los siguientes parámetros.

► *Índice de Actividad Onírica Global (GAI):*

Es la suma de las palabras correspondientes a los 8 tipos de actividades dividido entre el número total de palabras del relato

$$GAI = \frac{\sum_f F + \sum_m M + \sum_l L + \sum_v V + \sum_e E + \sum_s S + \sum_a A + \sum_p P}{TW} \times 100$$

► *Índice de Actividad Visual (VAI):*

Es la suma de las palabras correspondientes a la actividad visual dividido entre el número total de palabras del relato

$$VAI = \frac{\sum_s S}{TW} \times 100$$

Las letras minúsculas (f, m, l, v, etc.) representan los índices de sus correspondientes variables (F, M, L, V, etc.).

3.3.2. ANÁLISIS SOBRE EL ELECTROENCEFALOGRAMA DEL SUEÑO

ANÁLISIS ESPECTRAL

El análisis espectral fue realizado para los canales C4-A1, O2-A1 y O1-A1 en cada despertar con recuerdo. Para cada periodo se consideró como momento inicial la señal de despertar y el análisis se realizó retroactivamente en el periodo de 5 minutos anteriores. Para cada despertar se recopilaron datos de cada banda de frecuencia espectral cada 30 segundos durante esos 5 minutos, es decir, para cada despertar se obtuvieron 10 medidas de cada canal y cada frecuencia, que se incorporaran como eventos independientes en el análisis ANOVA posterior.

En cada época la señal fue analizada por FFT (Transformada Rápida de Fourier) con muestreo de 256 puntos y 50% de superposición.

Los espectros fueron divididos en las bandas de frecuencia correspondientes a los principales ritmos del EEG:

- delta (0,5 - 3,9 Hz)
- theta (4 - 7,9 Hz)
- alfa (8 - 11,9 Hz)
- sigma (12 - 13,9 Hz)
- beta (14 - 24,9 Hz)
- gamma (25 - 50 Hz)

Como se ha indicado en el apartado sobre imaginaria visual y percepción visual, la supresión/disminución de la banda de frecuencia del ritmo alfa es un indicador reconocido de actividad visual. Por eso, para analizar la existencia de actividad visual en ciegos se utilizó solamente el análisis de la frecuencia del ritmo alfa, para los despertares con recuerdo, fuesen en fase 2 NREM o en REM.

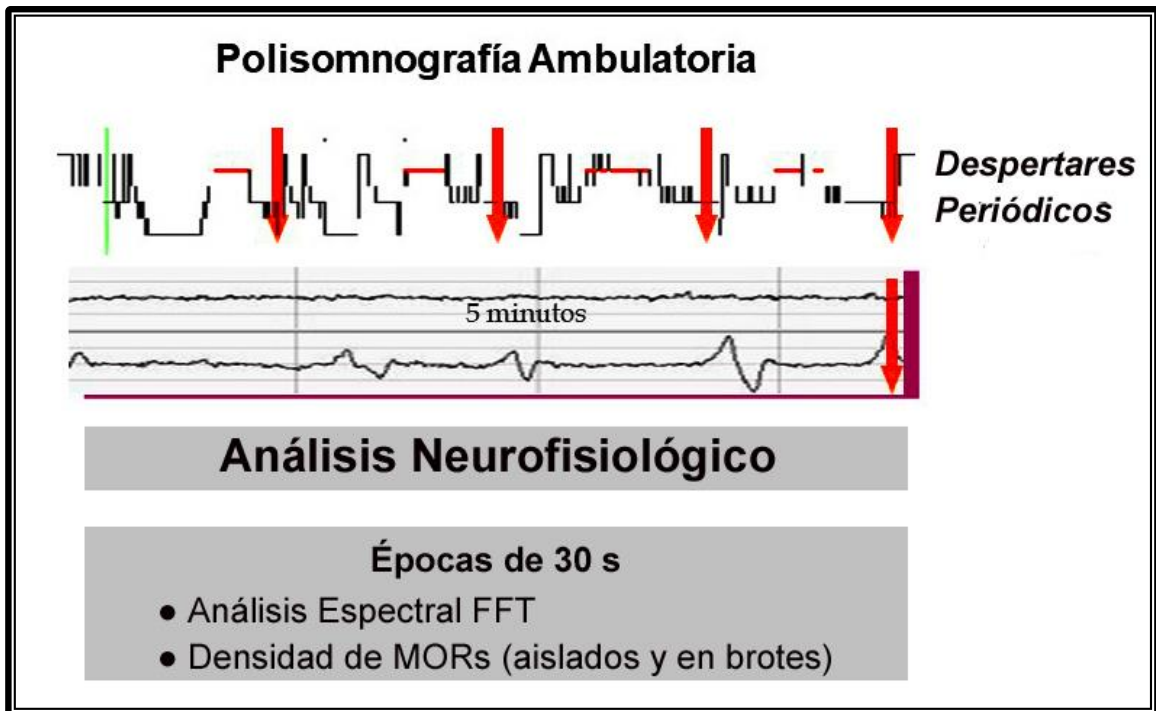
Para verificar la relación entre recuerdo y no recuerdo, en despertares REM, fueron analizadas todas las bandas de frecuencia del EEG, además de los Movimientos Oculares Rápidos.

ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES RÁPIDOS

El análisis de MORs se hizo solamente para despertares en fase REM, o sea, cuando iban precedidos por una época de REM estable de al menos 5 minutos. Como los MORs son precisamente lo que es más característico del REM e incluso le da el nombre, no tendría sentido analizar despertares en otras fases del sueño.

En cada época, los MORs fueron identificados por inspección visual en los 2 canales del electrooculograma (horizontal y vertical). Un MOR fue definido como una deflexión bifásica, con amplitud superior a 30 μV , o monofásica superior a 50 μV , teniendo en ambos casos una duración máxima de 1 segundo. Los brotes de MORs estuvieron constituidos por un mínimo de 7 MORs consecutivos, surgiendo en un período de 10 segundos. Todos los MORs que no se incluyeron en brotes se definieron como aislados. Se calcularon posteriormente los siguientes tres índices: Índice de densidad de MORs totales, Índice de brotes de MORs e Índice de MORs aislados; considerando el número del evento respectivo por minuto.

En la Figura 23 se presenta un esquema global de la metodología de recogida y análisis de datos, con los detalles de registro, selección y análisis de datos polisomnográficos.



*Figura 23 – Esquema de la metodología de recogida y análisis de datos
Las flechas rojas indican el momento de los despertares*

3.3.3. ANÁLISIS DE LAS REPRESENTACIONES GRÁFICAS

Se utilizaron dos tareas diferentes para evaluar las representaciones gráficas. En ambas, los individuos videntes ejecutaron las tareas con los ojos cerrados, ya que el objetivo no era evaluar méritos artísticos sino la capacidad de transferir a la hoja un concepto visual existente en la mente.

Para ambas tareas gráficas, se les entregó a los voluntarios una hoja A4 blanca y un lapicero y se les pidió dibujar una de las escenas oníricas que habían reportado y, después, una figura humana. En la mesa sólo tenían la hoja y el lapicero, nada más. No tenían tiempo límite y podían repetir el dibujo si lo solicitaban.

ESCENA ONÍRICA

En primer lugar, se pidió a los participantes que dibujaran una de sus escenas oníricas. Se realizó un análisis cualitativo de las representaciones según su complejidad y contenido. Tres evaluadores diferentes analizaron los dibujos de forma independiente, desconocedores de los análisis realizados por los otros dos evaluadores y desconocedores de los datos biográficos de los participantes, en particular, sin saber si el autor era o no ciego. Se calculó el promedio de puntuación para cada individuo.

La **complejidad** se clasificó usando una escala "*ad hoc*" de 1 a 5 (1 para el garabato y 5 para el detalle completo). Se enseñó a cada evaluador una imagen de una casita en blanco y negro, muy pobre y "mal dibujada", hecha por un niño de 3 años y otra, en blanco y negro, de una casita en una finca con caminos, árboles, animales y otros detalles, dibujada por un alumno de último curso de Bellas Artes, como ejemplos para el "1" y el "5".

Para el **contenido**, se consideraron tres clases principales:

- Paisajes
- Objetos
- Figuras humanas

Los dibujos se clasificaron de acuerdo con la presencia o ausencia de cada una de estas clases.

FIGURA HUMANA

En la segunda tarea se pidió a los individuos que dibujaran una figura humana lo mejor que pudieran.

Se utilizaron dos escalas diferentes para evaluar esta tarea:

- El Test de Quoc Vu [79], que analiza 3 aspectos a través de distintas características:

- Análisis del trazo
 - Amplitud (pequeño, normal, grande)
 - Trazo del personaje (rectilíneo, curvilíneo, mixto)
- Índice de organización espacial
 - Ocupación horizontal (inferior, centro, superior)
 - Ocupación vertical (izquierda, centro, derecha)
 - Organización (de abajo a arriba, de arriba a abajo)
 - Fuera de orden (sí, no)
- Tipo de personajes dibujados
 - Estereotipos (sí, no)
 - Tipo de personajes (garabato, primitivo, cuerpo entero)

Cada característica es clasificada con una escala *Likert* (0-2, cuando hay 3 opciones y 0-1 para 2 alternativas) y se calcula la puntuación para cada grupo.

- La Escala de Goodenough [179] con dos categorías:
 - **A:** si la figura humana no es reconocible
 - **B:** si es reconocible

En el segundo caso (B), la escala integra 51 ítems dicotómicos relativos a la cantidad de detalles dibujados, su proporcionalidad, bidimensionalidad, opacidad, congruencia, plasticidad, coordinación visuo-motora y perfil.

Los mismos tres investigadores independientes que analizaron las escenas oníricas, evaluaron todos los dibujos según ambas escalas y a continuación se calcularon las medias entre las puntuaciones.

3.3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los siguientes análisis estadísticos fueron realizados, utilizando el programa StatView for Windows, Versión 5.0.

En todas las pruebas que realizamos se consideró una Hipótesis Nula y un valor P. Este valor representa la probabilidad de rechazar una Hipótesis Nula si es cierta, es decir, es la probabilidad de obtener, por azar, un valor más extremo. que la observada si, de hecho, la hipótesis nula es cierta [99].

➤ **Comparar porcentajes de cada grupo para determinada variable:**

En este caso, la hipótesis nula es que no hay diferencia entre los porcentajes ($H_0: \rho_1 - \rho_2 = 0$, donde ρ_1 es el porcentaje para un grupo y ρ_2 el porcentaje para el otro).

Para comparar dos porcentajes, se utilizó el estadístico z, cuya fórmula es la siguiente:

$$z = \frac{(\rho_1 - \rho_2) - 0}{\sqrt{\rho(1 - \rho) \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

donde ρ es el porcentaje de la muestra combinada, n_1 el número de individuos en un grupo y n_2 el número en el otro.

➤ **Analizar las correlaciones entre contenido onírico y EEG:**

Para analizar la existencia de relaciones entre las variables en relatos de sueños, a partir del análisis de contenido, y las variables espectrales en registros polisomnográficos, se utilizó el *Coefficiente de Correlación r de Pearson*. La hipótesis nula en este caso es que no existe relación entre las variables. La hipótesis nula fue rechazada para $P < 0,05$.

➤ **Analizar diferencias entre ciegos y videntes:**

Para analizar las diferencias entre ciegos congénitos y videntes de control, y debido al tamaño de la muestra, se utilizó la *prueba de Mann-Whitney*. El Test U

de Mann-Whitney es una alternativa no paramétrica a la prueba *t de Student* para comparar datos de dos grupos independientes [8]. La prueba requiere que todas las observaciones se clasifiquen como si provinieran de una sola muestra. Luego, se calcula la suma de los rangos de uno de los grupos y el valor P se encuentra en la tabla respectiva. Se consideró como hipótesis nula que no existen diferencias entre ciegos congénitos y videntes de control. En este caso, y debido al pequeño tamaño de la muestra, el resultado se consideró estadísticamente significativo para $P < 0,1$, es decir, un intervalo de confianza del 90%. De hecho, con muestras de tamaño tan pequeño, el aspecto combinatorio de la prueba de Mann-Whitney significa que tiene poco sentido considerar solo niveles de $P < 0,05$.

Cuando fue necesario analizar diferencias en las variabilidades entre los dos grupos, se utilizó un *Test F para varianzas de dos muestras*.

➤ **Realizar el análisis de despertares con y sin recuerdo y entre grupos:**

Los despertares se dividieron según la existencia o no de recuerdo y el diagnóstico de ciego o vidente.

Estas variables (los despertares) no presentan dependencia intraindividual y por eso son consideradas independientes. Consecuentemente, y por su número elevado, los análisis estadísticos utilizados suelen ser paramétricos incluyendo análisis de pruebas de varianza (*ANOVA*) [326].

Los dos grupos se compararon utilizando *ANOVA* de un factor y *ANOVA* bidireccional para las variables diagnóstico (ciegos vs. videntes control) y recuerdo (sí o no).

➤ **Analizar las representaciones gráficas:**

Para comparar las puntuaciones y/o características de las tareas gráficas, entre ciegos y videntes, se utilizó el *Test Chi-cuadrado*.

RESULTADOS

4. RESULTADOS

4.1. EVALUACIÓN DE LOS CONTENIDOS ONÍRICOS

El despertador sonó 4 veces cada una de las 2 noches para cada individuo, haciendo un total de 152 despertares. No todos los despertares se realizaron correctamente, siendo el total de despertares obtenidos 126, CB: 66 despertares y CS: 60. Como refleja la Tabla 4, de los 126 despertares 43 (34%) fueron con recuerdo (CB: 18 y CS: 25).

Tabla 4 - Despertares con y sin recuerdo para ciegos y videntes control

Participante	Ciego / Vidente	Despertares obtenidos	Despertares con recuerdo
1	C	4	3
2	C	8	3
3	C	7	2
4	C	7	2
5	C	6	2
6	C	5	2
7	C	8	0
8	C	8	0
9	C	6	2
10	C	7	2
11	V	6	1
12	V	7	6
13	V	5	2
14	V	6	3
15	V	7	2
16	V	7	2
17	V	8	3
18	V	6	2
19	V	8	4

El grupo de ciegos presentó un 27% de recuerdo frente a un 42% en los videntes; siendo significativa la diferencia en el porcentaje de recuerdo ($p < 0,05$). Dos de los voluntarios ciegos no tuvieron ningún recuerdo en ambas noches. El resto de los relatos oníricos de los individuos ciegos fueron vívidos, con referencias táctiles, auditivas y kinestésicas, pero también con contenido visual.

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ambos grupos con el Test U de Mann-Whitney, ni para el Índice de Actividad Global (GAI) (mediana [RIC]_{ciegos} = 0,061 [0,038 – 0,082], $media_{ciegos} = 0,060 \pm 0,017$; mediana [RIC]_{videntes} = 0,053 [0,017 – 0,080], $media_{videntes} = 0,048 \pm 0,029$) (Figura 24); ni para el Índice de Actividad Visual (VAI) (mediana [RIC]_{ciegos} = 0,004 [0,000 – 0,027], $media_{ciegos} = 0,027 \pm 0,009$; mediana_{videntes} = 0,013 [0,000 – 0,026], $media_{videntes} = 0,026 \pm 0,009$) (Figura 25).

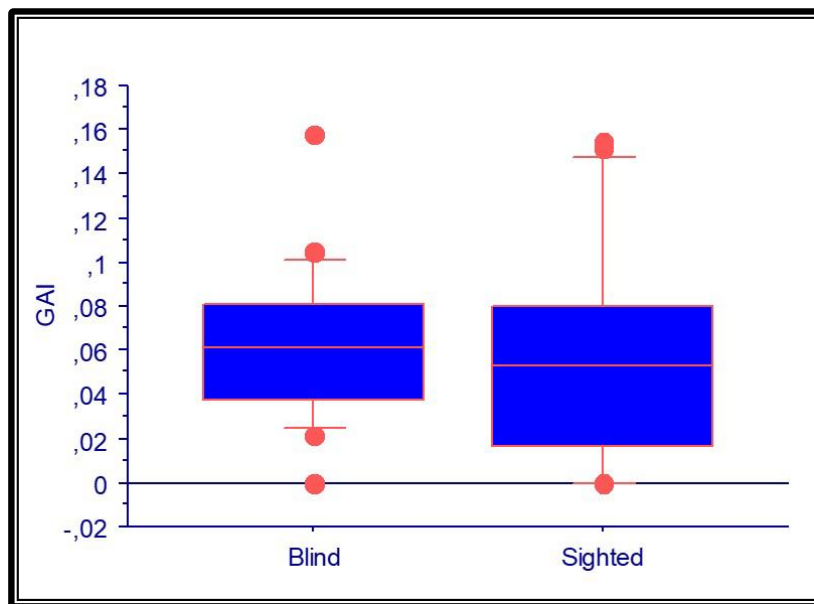


Figura 24 – “Box plots” para el Índice de Actividad Global (GAI) comparando ciegos (Blind) y videntes (Sighted), mostrando que no existen diferencias significativas entre los grupos.

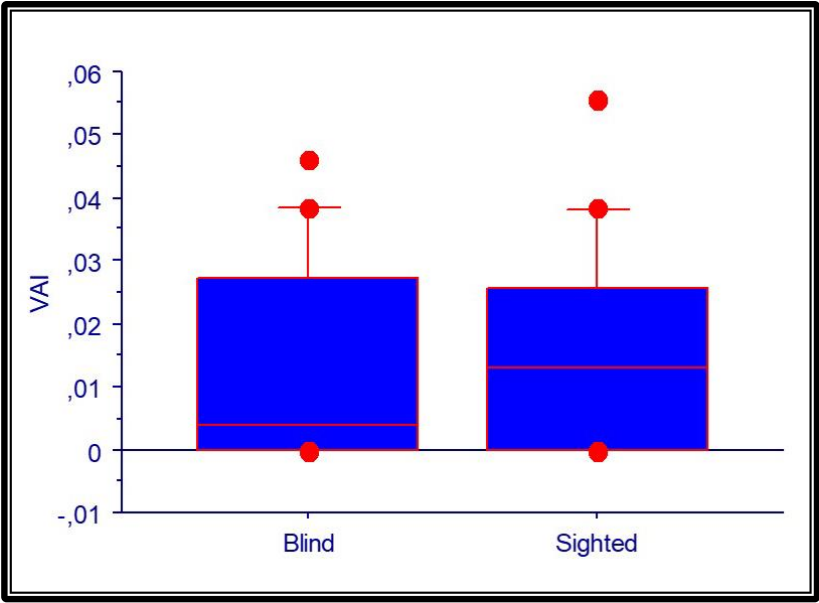


Figura 25 – “Box plots” para el Índice de Actividad Visual (VAI) comparando ciegos (Blind) y videntes (Sighted), mostrando que no existen diferencias significativas entre ambos grupos

4.2. ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA ALFA EN EL EEG

La potencia del alfa presentó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos únicamente para la derivación C4, con una actividad más baja en los ciegos (alfa-C4: $U = 73,0$ $p < 0,01$; alfa-O1: $U = 94,5$ $p > 0,05$; alfa-O2: $U = 100,0$ $p > 0,05$) (Figura 26, Figura 27 y Figura 28). Por otra parte, el Test F mostró que la variabilidad de la potencia del alfa fue mayor en O2 para los ciegos, con una diferencia estadísticamente significativa ($F = 5,466$, $p < 0,01$) (Figura 28).

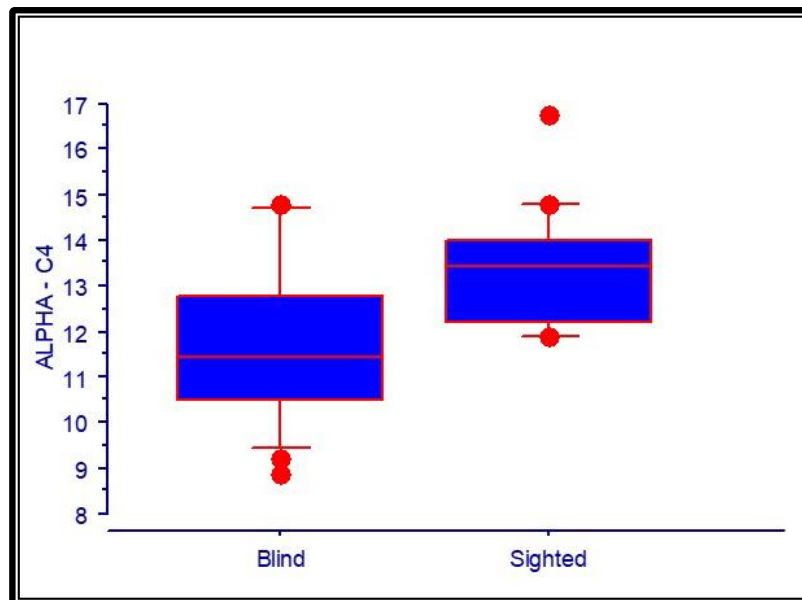


Figura 26 – “Box plots” para la potencia del alfa en C4 comparando ciegos (Blind) y videntes (Sighted), presentando diferencias significativas entre grupos

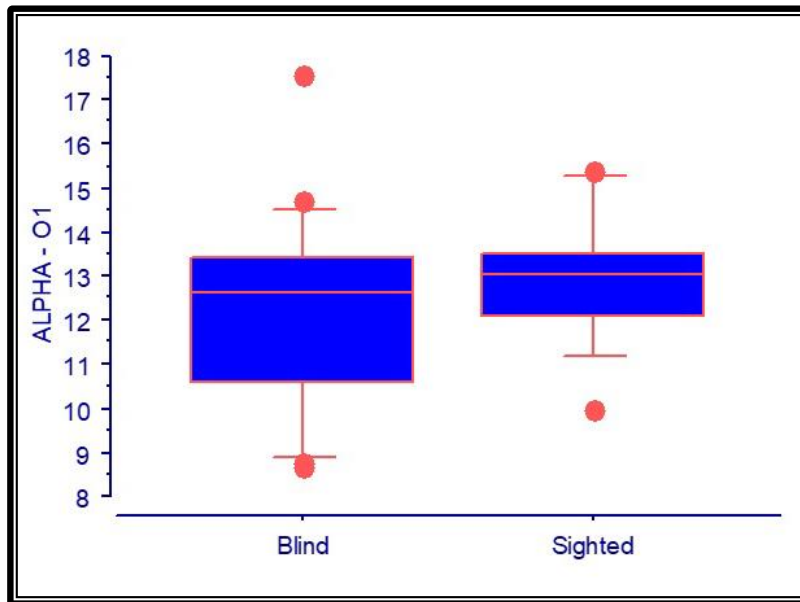


Figura 27 – “Box plots” para la potencia del alfa en O1 comparando ciegos (Blind) y videntes (Sighted), no presentando diferencias significativas entre grupos

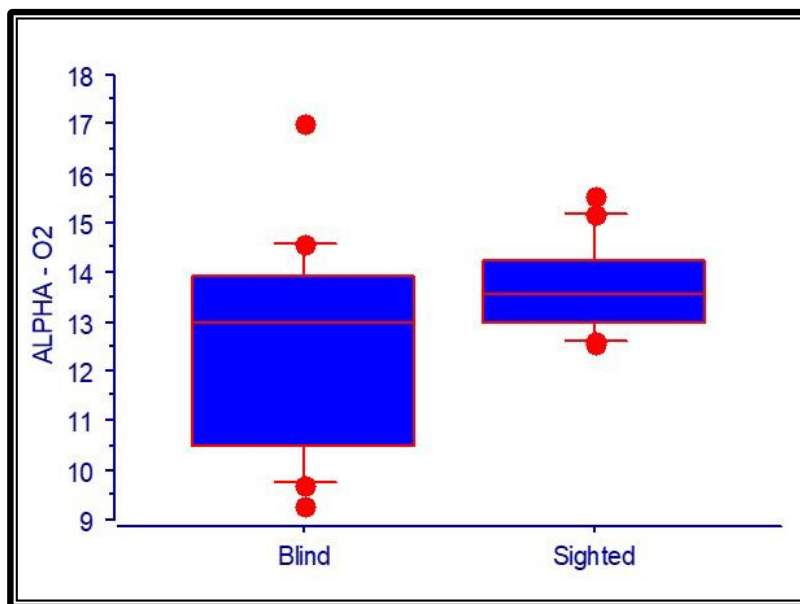


Figura 28 – “Box plots” para la potencia del alfa en O2 comparando ciegos (Blind) y videntes (Sighted), no presentando diferencias significativas entre grupos

4.3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DEL ALFA CON LA ACTIVIDAD VISUAL

La hipótesis nula es que no existe correlación entre el índice de actividad visual (VAI) y la potencia del alfa. Cuando se compararon las variables de contenido con los componentes espectrales del EEG, con un análisis de Correlación de Pearson, se observó en ambos grupos una correlación negativa entre el VAI y la potencia del alfa, lo que indica que cuando el índice de actividad visual aumenta, la potencia del alfa para las tres derivaciones C4, O2 y O1 disminuye (Figura 29).

Este comportamiento fue estadísticamente significativo en ambos grupos para las derivaciones C4 y O2 (ciegos: C4: $r = -0,619$, $p < 0,005$; O2: $r = -0,610$, $p < 0,006$; videntes: C4: $r = -0,633$, $p < 0,01$, O2: $r = -0,365$, $p < 0,05$).

Para la derivación O1 la correlación sólo fue significativa en los ciegos, aunque siendo más débil (ciegos O1: $r = -0,573$, $p < 0,05$; videntes O1: $r = -0,173$, $p > 0,05$).

Las ecuaciones de regresión y el coeficiente de determinación r al cuadrado fueron:

- $\alpha_{C_4} = 12,73 - 69,997 \times \text{VAI}$, $R^2 = 0,383$ (ciegos) y
 $\alpha_{C_4} = 14,185 - 50,972 \times \text{VAI}$, $R^2 = 0,401$ (videntes)
- $\alpha_{O_1} = 13,227 - 82,006 \times \text{VAI}$, $R^2 = 0,329$ (ciegos) y
 $\alpha_{O_1} = 13,268 - 14,494 \times \text{VAI}$, $R^2 = 0,300$ (videntes)
- $\alpha_{O_2} = 13,529 - 81,715 \times \text{VAI}$, $R^2 = 0,373$ (ciegos) y
 $\alpha_{O_2} = 14,046 - 20,655 \times \text{VAI}$, $R^2 = 0,133$ (videntes)

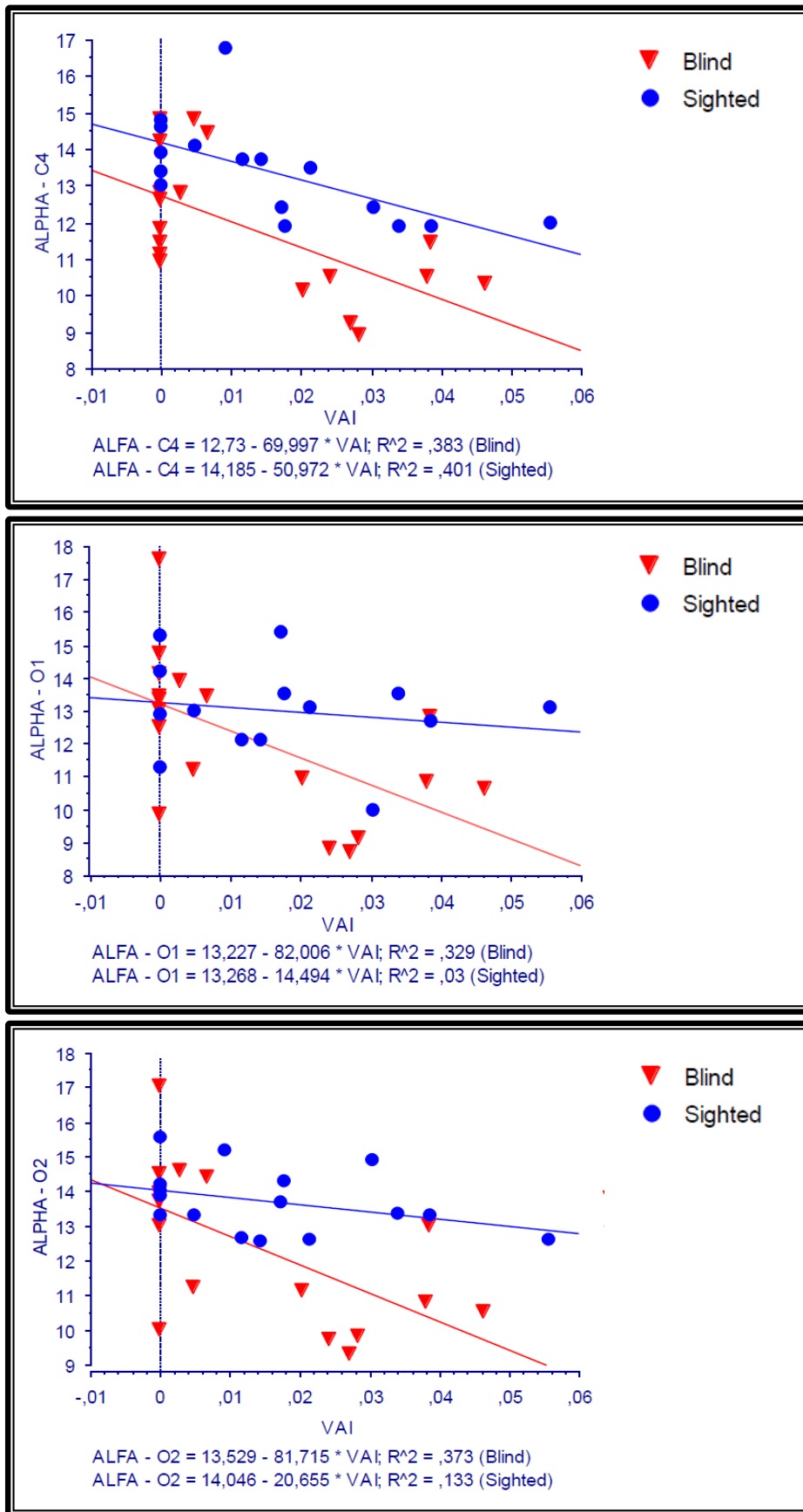


Figura 29 – “Scatterplot” y recta de regresión para la Correlación de Pearson entre el Índice de Actividad Visual (VAI) y Alfa-C4, Alfa-O1 y Alfa-O2 para ciegos (Blind (▼)) y videntes (Sighted (●)).

4.4. ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES RÁPIDOS Y DE LAS FRECUENCIAS EN FASE REM

Para este análisis se seleccionaron exclusivamente despertares en fase REM estable, siendo excluidos todos los episodios que, o bien ocurrían en fase NREM, o coexistieron con alguna transición de REM a otra fase del sueño. Los despertares fueron divididos de acuerdo con la existencia o no de recuerdo y el diagnóstico de ciego o vidente.

Así, se obtuvieron despertares válidos de 9 Ciegos Congénitos (**CB** – *Congenitally Blind*) (edad: $28,6 \pm 5,3$ años; 4 hombres y 5 mujeres) y 6 Videntes de Control (**CS** – *Control Sighted*) (edad: $26,5 \pm 4,5$ años; 2 hombres y 4 mujeres).

Los dos grupos se compararon mediante ANOVA de un factor y ANOVA bidireccional. El promedio de despertares REM estable por sujeto fue prácticamente igual en ambos grupos (CB: $1,600 \pm 0,516$; CS: $1,667 \pm 0,816$), con una tasa de recuerdo del $60,0 \pm 42,7\%$ en CB y $63,9 \pm 39,4\%$ en CS. En la Tabla 5 y la Tabla 6 se presentan los valores medios. La Figura 30 muestra la comparación por percentiles entre ciegos y videntes, o sea, la comparación entre la distribución obtenida para cada grupo. Cuando tenemos dos grupos y los comparamos respecto a una variable, aunque el estadístico representativo utilizado sea similar (en ese caso la media) podemos no saber si las dos poblaciones presentan una distribución parecida. Una forma de verificarlo es hacer una comparación de percentiles (*percentile plot* o *Q-Q plot*) y mirar si los datos se aproximan a una recta de regresión lineal [222].

Tabla 5 – Información por Grupos sobre Despertares REM | **CB** – Congenitally **Blind** (Ciegos Congénitos) y **CS** – Control **Sighted** (Videntes de Control)

	Número de sujetos con despertares válidos	Número de despertares REM válidos ± Desviación Estándar
CB	9	1,600 ± 0,516
CS	6	1,667 ± 0,816

Tabla 6 – Información por Grupos sobre Porcentaje de Recuerdo | **CB** – Congenitally **Blind** (Ciegos Congénitos) **CS**– Control **Sighted** (Videntes de Control)

	Número de sujetos con despertares válidos	Porcentaje de recuerdo ± Desviación Estándar
CB	9	60,0 ± 39,4 %
CS	6	63,9 ± 42,7 %

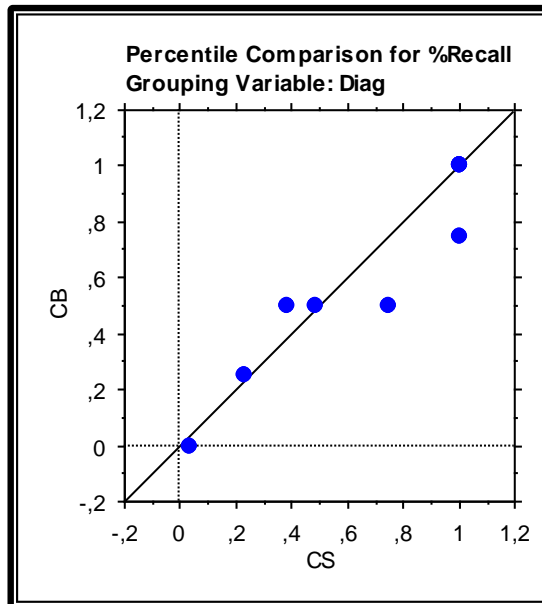


Figura 30 – Comparación de Percentiles para Porcentaje de Recuerdo por Diagnóstico | **CB** – Congenitally **Blind** (Ciegos Congénitos) y **CS** – Control **Sighted** (Videntes de Control)

Los resultados del análisis de las variables neurofisiológicas medidas con el EEG en relación con el diagnóstico se muestran en la Tabla 7. En la derivación C4, los ciegos presentaron potencias superiores de delta ($F = 4,70$, $p = 0,03$), theta

($F = 7,09$, $p = 0,008$) y sigma ($F = 4,95$, $p = 0,03$), pero presentaron menos alfa ($F = 10,25$, $p = 0,002$) y beta ($F = 6,87$, $p = 0,009$).

En ambas derivaciones occipitales, los ciegos tuvieron más actividad gamma (O1: $F = 15,90$, $p < 0,0001$; O2: $F = 9,39$, $p = 0,002$) y menos actividad theta (O1: $F = 19,20$, $p < 0,001$; O2: $F = 4,71$, $p = 0,03$) y alfa (O1: $F = 21,66$, $p < 0,001$; O2: $F = 14,47$, $p < 0,001$).

Todos los ciegos tuvieron movimientos oculares rápidos, aunque presentaron una menor densidad de MORs (CB: 1,90 vs. CS: 8,75; $F = 76,99$, $p < 0,001$) (Figura 31), tanto de brotes de MORs (CB: 0,59 vs. CS: 6,53; $F = 57,80$, $p < 0,001$) como de MORs aislados (CB: 1,31 vs. CS: 2,22; $F = 10,51$, $p = 0,001$).

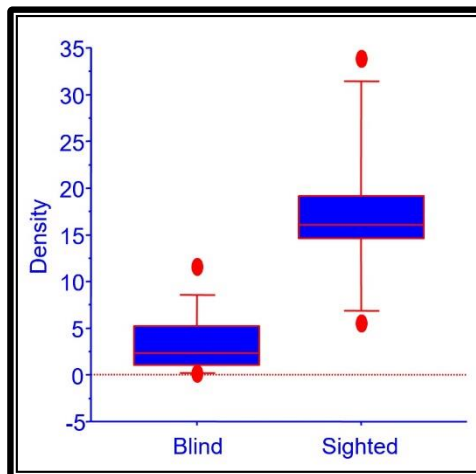


Figura 31 – "Box plots" para la densidad de MORs entre ciegos (Blind) y videntes (Sighted)

Tabla 7 – ANOVA – Diferencias para variables neurofisiológicas en ambos grupos de sujetos / **CB** – Congenitally **B**lind (Ciegos Congénitos) y **CS** – Control **S**ighted (Videntes de Control)

		Media		F (df1,2)		significativo
		CS	CB	1,248	p	
C4	<i>Delta</i>	27,90	29,56	4,70	0,03	Si
	<i>Theta</i>	17,85	19,27	7,09	0,008	Si
	<i>Alfa</i>	13,28	12,29	10,25	0,002	Si
	<i>Sigma</i>	4,53	4,83	4,95	0,03	Si
	<i>Beta</i>	20,10	18,24	6,87	0,009	Si
	<i>Gamma</i>	16,4	16,0	0,61	0,4	No
O2	<i>Delta</i>	28,2	28,3	0,03	0,9	No
	<i>Theta</i>	18,19	17,29	4,71	0,03	Si
	<i>Alfa</i>	14,56	13,22	14,47	<0,001	Si
	<i>Sigma</i>	5,0	5,1	0,45	0,5	No
	<i>Beta</i>	17,9	17,9	0,00	1,0	No
	<i>Gamma</i>	16,18	18,18	9,39	0,002	Si
O1	<i>Delta</i>	27,1	28,1	1,61	0,2	No
	<i>Theta</i>	18,89	17,00	19,20	<0,001	Si
	<i>Alfa</i>	14,66	12,97	21,66	<0,001	Si
	<i>Sigma</i>	5,1	5,1	0,004	0,8	No
	<i>Beta</i>	17,7	17,5	0,06	0,8	No
	<i>Gamma</i>	16,69	19,32	15,90	<0,001	Si
MORs	<i>Total</i>	8,75	1,90	76,99	<0,001	Si
	<i>Aislados</i>	2,22	1,31	10,51	0,001	Si
	<i>Brotos</i>	6,53	0,59	57,80	<0,001	Si

4.5. ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES RÁPIDOS Y DEL RECUERDO

El recuerdo onírico estuvo positivamente correlacionado con un aumento de actividad sigma en C4, O1 y O2 y theta en O2 y con potencia inferior de delta en O2 (Tabla 8). No se observaron relaciones entre los MORs, en sus distintas modalidades, y el recuerdo.

Tabla 8 – ANOVA – Diferencias para variables neurofisiológicas con y sin recuerdo

		RECUERDO		<i>F</i> (<i>df</i> 1,2)	<i>p</i>	significativo
		No	Yes	1,248		
C4	<i>Delta</i>	28,9	28,9	0,01	0,9	No
	<i>Theta</i>	18,7	18,7	0,00	1,0	No
	<i>Alfa</i>	12,9	12,5	1,83	0,2	No
	<i>Sigma</i>	4,4	4,9	10,64	0,001	Si
	<i>Beta</i>	18,7	19,1	0,32	0,6	No
	<i>Gamma</i>	16,3	16,8	0,23	0,6	No
O2	<i>Delta</i>	29,2	27,6	4,96	0,03	Si
	<i>Theta</i>	17,1	18,0	4,26	0,04	Si
	<i>Alfa</i>	13,8	13,7	0,09	0,8	No
	<i>Sigma</i>	4,9	5,2	6,94	0,009	Si
	<i>Beta</i>	17,3	18,3	2,59	0,1	No
	<i>Gamma</i>	17,6	17,2	0,30	0,6	No
O1	<i>Delta</i>	28,6	27,1	3,62	0,06	No
	<i>Theta</i>	17,6	17,8	0,26	0,6	No
	<i>Alfa</i>	13,7	13,6	0,01	0,9	No
	<i>Sigma</i>	4,8	5,3	9,97	0,002	Si
	<i>Beta</i>	17,1	17,9	1,67	0,2	No
	<i>Gamma</i>	18,9	18,3	0,00	0,9	No
MORs	<i>Total</i>	4,2	4,8	0,43	0,5	No
	<i>Aislados</i>	1,5	1,7	0,46	0,5	No
	<i>Brotos</i>	2,7	3,1	0,21	0,6	No

En la Tabla 9 solo se presentan despertares con recuerdo, pero seguimos separando el grupo de los ciegos (CB) del de los videntes (CS).

Con recuerdo onírico, los ciegos presentaron respecto a los videntes, más potencia sigma en la derivación C4 ($F = 5,43$, $p = 0,02$) y más potencia gamma en ambas derivaciones occipitales (O1: $F = 14,48$, $p < 0,001$ y O2: $F = 9,13$, $p = 0,003$). Así mismo, presentaron menos potencia theta en O1 y O2 ($F = 21,15$,

$p < 0,001$ y $F = 10,08$, $p = 0,002$, respectivamente) y menos alfa en O1 ($F = 9,68$, $p = 0,002$).

Tabla 9 – ANOVA – Diferencias para variables neurofisiológicas en ambos grupos de sujetos / **CB** – Congenitally **B**lind (Ciegos Congénitos) y **CS** – Control **S**ighted (Videntes de Control)

		RECUERDO		<i>F</i> (<i>df</i> ,2)		
		CS	CB	1,248	<i>p</i>	significativo
C4	<i>Delta</i>	29,3	28,7	0,39	0,5	No
	<i>Theta</i>	18,3	19,0	1,07	0,3	No
	<i>Alfa</i>	12,8	12,3	1,45	0,2	No
	<i>Sigma</i>	4,6	5,1	5,43	0,02	Si
	<i>Beta</i>	19,3	19,0	0,07	0,8	No
	<i>Gamma</i>	15,8	16,2	0,32	0,6	No
O2	<i>Delta</i>	28,1	27,3	0,84	0,5	No
	<i>Theta</i>	18,9	17,4	10,08	0,002	Si
	<i>Alfa</i>	14,2	13,4	3,64	0,06	No
	<i>Sigma</i>	5,1	5,3	1,41	0,2	No
	<i>Beta</i>	18,0	18,5	0,57	0,5	No
	<i>Gamma</i>	15,8	18,2	9,13	0,003	Si
O1	<i>Delta</i>	27,4	26,8	0,37	0,5	No
	<i>Theta</i>	19,3	16,9	21,15	<0,001	Si
	<i>Alfa</i>	14,4	13,1	9,68	0,002	Si
	<i>Sigma</i>	5,1	5,4	1,80	0,2	No
	<i>Beta</i>	17,4	18,3	1,45	0,2	No
	<i>Gamma</i>	16,4	19,5	14,48	<0,001	Si
MORs	<i>Total</i>	8,7	2,3	36,97	<0,001	Si
	<i>Aislados</i>	2,2	1,4	4,10	0,04	Si
	<i>Brotos</i>	6,5	0,9	28,38	<0,001	Si

Similarmente a lo que ocurrió en los despertares generales reflejado en la Tabla 7, con recuerdo también se observaron diferencias entre ciegos y videntes en todas las formas de MORs (densidad total, $F = 36,97$, $p < 0,001$, densidad de brotes, $F = 28,38$, $p < 0,001$ y aislados, $F = 4,10$, $p = 0,04$), menores en el grupo de ciegos que en el de videntes.

En la Figura 32 se presentan “*box plots*” en ciegos para el Total de MORs con y sin recuerdo.

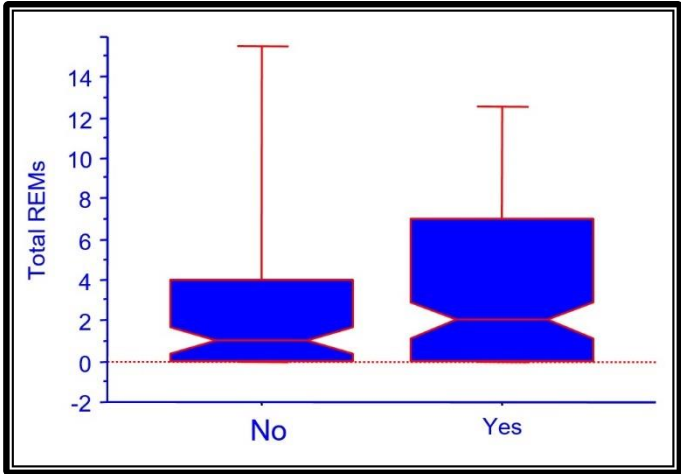


Figura 32 – "Box plots" para el Total de MORs en Ciegos, con (Yes) y sin (No) recuerdo

4.6. ANÁLISIS GRÁFICO DE LOS DIBUJOS

ESCENA ONÍRICA

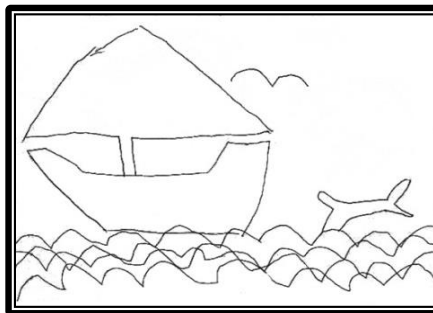
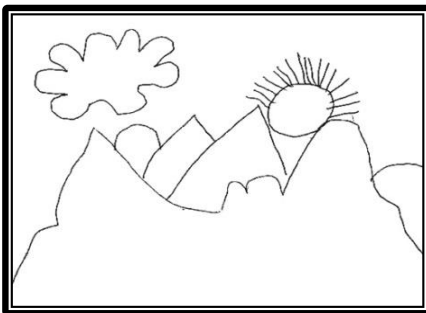


Figura 33 – Representaciones gráficas de escenas oníricas realizadas por sujetos ciegos

Todos los voluntarios desempeñaron la primera tarea de representación gráfica consistente en el diseño de una escena onírica. Los individuos ciegos fueron capaces de representar gráficamente las escenas que habían descrito previamente de forma oral (Figura 33).

La media calculada para la complejidad fue 2 para ambos grupos en una escala de 1 a 5 (1 para el garabato y 5 para el detalle completo), no presentando diferencias estadísticamente significativas en el test Chi Cuadrado. En cuanto al contenido, los paisajes se encontraron en el 70% de los dibujos, los objetos en un 90% y las figuras humanas en solo un 10%. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los grupos.

FIGURA HUMANA



Figura 34 – Representaciones gráficas de la figura humana dibujadas por ciegos congénitos con la ocupación vertical mayor del lado izquierdo (las dos imágenes se muestran tal y cómo han sido dibujadas en una hoja A4)

En cuanto a los "Dibujos de la Figura Humana", la única diferencia significativa entre los dos grupos para el Test de Quoc Vu se relacionó con la ocupación horizontal del dibujo (Figura 34). En concreto, los ciegos tendieron a dibujar en el lado izquierdo de la hoja de papel ($\chi^2 = 7,468$; gl = 2; $p < 0,01$).

En la escala de Goodenough, la figura humana fue reconocible en ambos grupos (categoría B) (Figura 35 y Figura 36), y de los 51 ítems de caracterización del dibujo, sólo uno fue estadísticamente diferente entre grupos. Los ciegos representaron más frecuentemente las orejas que los videntes ($\chi^2 = 6,739$; $gl = 1$; $p < 0,005$).



Figura 35 – Representación gráfica de una figura humana (dibujada por dos participantes ciegos)

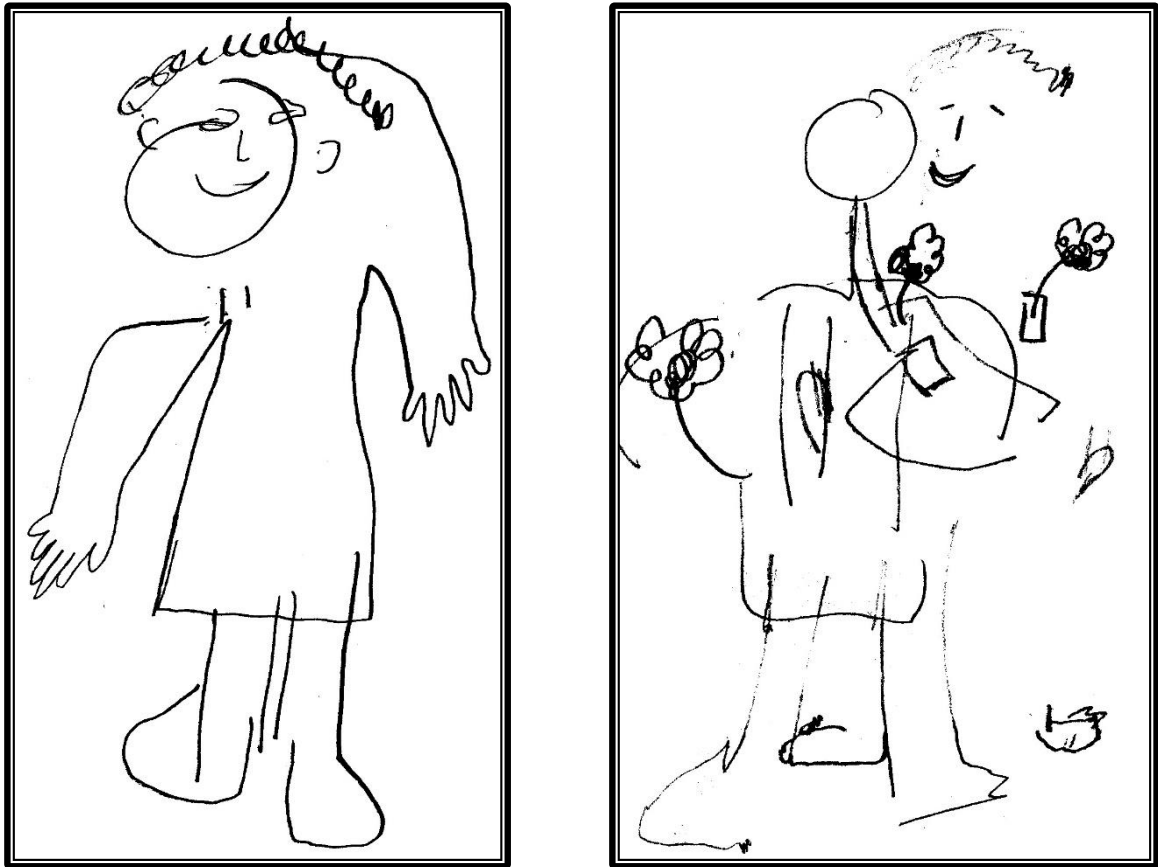


Figura 36 – Representación gráfica de una figura humana (dibujada por dos participantes videntes mientras tenían los ojos tapados)

DISCUSIÓN

5. DISCUSIÓN

Los resultados más importantes de este trabajo se refieren a las relaciones encontradas entre los contenidos oníricos y los componentes espectrales del EEG. De hecho, esas relaciones concuerdan con lo que se sabe sobre el funcionamiento cognitivo en vigilia, mostrando que la utilización del sueño como paradigma de estudio es acertada. En cuanto a la existencia de actividad visual en los sueños de ciegos congénitos, los resultados muestran su existencia, indicando que es posible tener percepción visual sin aferencias visuales externas y sin experiencia previa de visión.

La discusión en torno al término "imágenes visuales" – ver con el "ojo de la mente" –, está lejos de resolverse. Sin embargo, el uso del término en nuestro trabajo fue cuidadosamente aplicado. Estamos totalmente de acuerdo en que, a veces, los sujetos ciegos utilizan términos como "ver" en sus vidas cotidianas metafóricamente, pero esto no implica que no puedan producir imágenes visuales mentales. En conversaciones informales, los voluntarios ciegos nos dijeron que cuando firman sus nombres no usan un conjunto de movimientos memorizados, en lugar de eso, "visualizan" su firma y la reproducen. Uno de los voluntarios nos dijo que durante el sueño experimentó imágenes visuales, pero cada vez que lo contaba a alguien le decían que él no veía las cosas, simplemente las sentía; y por eso se mostraba muy reticente a compartir esas experiencias con otras personas.

Cuando algunos investigadores defienden que no se trata de imágenes visuales sino de representaciones mentales que preservan las propiedades métricas y espaciales, se debe tener en cuenta el estudio de Aleman y colegas [5]. En este estudio, los autores intentaron separar las representaciones pictóricas de las espaciales y llegaron a la conclusión de que, si bien los ciegos cometían significativamente más errores que los videntes, no obstante, podían realizar tanto tareas espaciales como de imágenes pictóricas.

Es conocida la existencia de un centro visual para el reconocimiento de palabras – el VWFA (*Visual Word Form Area* – Área Visual de Formación de las Palabras)

– imprescindible para la lectura [363]. Podría pensarse que, en una tarea similar de lectura, pero en Braille, los ciegos no activarían esa área sino zonas táctiles. Sin embargo, los resultados de un estudio con fMRI (Resonancia Magnética funcional) han demostrado que durante la lectura Braille, esa área es activada con una increíble consistencia anatómica entre ciegos y videntes [363].

5.1. RELATOS ONÍRICOS

Lo primero que debemos mencionar es la riqueza que se encontró en los relatos oníricos, con descripción de movimientos, escenas, paisajes, incluso colores; al contrario de lo que estaba mayoritariamente descrito en la bibliografía [130][160][210][221][225][243][267].

De hecho, Oliver Sacks, considerado por muchos como uno de los neurólogos más relevantes del siglo XX, en su libro “The Mind’s Eye” [375], menciona:

“Se observa que muchos niños que han nacido ciegos tienen una memoria superior y son verbalmente precoces. Pueden desarrollar una fluidez verbal tan extraordinaria en la descripción de rostros y lugares, que los otros (y ellos mismos) tienen dudas sobre si son verdaderamente ciegos. Los escritos de Helen Keller son un ejemplo famoso que nos sorprende con su brillante calidad visual”.

Además, en ese libro, Sacks refiere nuestro estudio [55] para apoyar su hipótesis de que los ciegos son capaces de producir imaginación visual.

De acuerdo con nuestros resultados, los ciegos congénitos, que nunca han experimentado la visión, son capaces de visualizar. Esto está en línea con los estudios mencionados anteriormente relacionados con la capacidad para tener imaginación visual en personas que nacen ciegas, demostrando que presentan tan solo diferencias ligeras o nulas cuando se comparan con sujetos videntes [20][27][104][105][122][293][422][447].

El hecho de que, en los sueños, los ciegos imaginan que son videntes y que no tienen ningún problema visual, no es distinto de los hallazgos sobre otros discapacitados que, en los sueños, no presentan los problemas que sufren, sean auditivos [351] o de otro tipo [426]. Sorprendentemente, las representaciones perceptivas, incluso de modalidades que no se experimentan durante la vigilia, fueron bastante comunes en los relatos oníricos de los sujetos discapacitados.

Los resultados de Knauff y colegas, también con fMRI, no apoyan la hipótesis de que la corteza visual primaria esté involucrada en imaginación visual mental, sino más bien, que parece estar involucrada una red de subsistemas espaciales y áreas visuales superiores [246]. Sus resultados apoyan la hipótesis de que la imaginación visual es una función de la corteza visual de asociación.

Mellet registró el flujo sanguíneo cerebral regional (rCBF), mientras los sujetos realizaron una tarea que requirió imaginación mental visual de alta resolución, con el fin de abordar la controversia sobre la activación del área visual primaria durante las imágenes mentales visuales [312]. Los resultados no revelaron activación en el área visual primaria para imaginación basada en descripción verbal, proporcionando una fuerte evidencia de que la imaginación basada en descripciones verbales puede requerir regiones que se sabe que están involucradas en el procesamiento visual de alto orden.

5.2. ONDAS ALFA Y ACTIVIDAD VISUAL

En nuestro estudio, la observación de la correlación entre la atenuación del alfa y el contenido visual, junto con la ausencia de diferencias en las representaciones gráficas, nos lleva a proponer que los ciegos pueden producir imágenes virtuales, es decir, que las imágenes en sus sueños corresponden a la activación de las regiones visuales corticales. De hecho, varios autores han establecido que los sujetos con ceguera congénita utilizan la corteza visual para procesar diferentes tipos de información, a saber, auditiva [264][265], táctil [376], somatosensible [370], durante la codificación y transformación de imágenes hápticas [369] y otras [59][198][425][430]. Además, ahora sabemos que la especialización funcional queda preservada para el procesamiento espacial en el giro occipital medio en ciegos [366].

Lopes da Silva defiende que una posible conclusión de nuestro estudio [55] es que las entradas auditivas y táctiles pueden crear imágenes virtuales en los cerebros de sujetos con ceguera congénita que pueden revelarse en sus sueños [276].

Detrás de tal controversia se encuentra el hecho de que la experiencia se considera esencial tanto para las imágenes visuales como para la visualización [159]. La visualización sin experiencia previa, como es el caso de las personas con ceguera congénita, indicaría la existencia de imágenes visuales independientes de la percepción visual. Esto implica que los sujetos ciegos al nacer son capaces de usar otras modalidades sensoriales para integrar estas entradas a través del sistema visual para producir conceptos capaces de representación gráfica. En este sentido, Mahon y compañeros han comprobado que la organización específica de las distintas categorías en el cerebro humano no requiere experiencia visual [289].

La actividad alfa no solo está modulada por la actividad visual, sino que también intervienen en ella otras actividades del sueño, pero sí es cierto que se ha encontrado la correlación más fuerte para las imágenes visuales [80][81].

5.3. MOVIMIENTOS OCULARES RÁPIDOS Y RECUERDO

En línea con los hallazgos anteriores, nuestros datos muestran que los ciegos tienen una menor densidad de movimientos oculares rápidos (MORs) que los videntes (véase Tabla 7). Ambos grupos también mostraron diferencias en los componentes espectrales C4 del EEG de los episodios previos a los despertares en REM: los ciegos presentaron un aumento en las bandas de frecuencias más bajas (delta y theta) y en la actividad sigma (husos), mientras que los videntes tuvieron mayor actividad en las bandas más rápidas (alfa y beta).

La presencia de más actividad en las ondas sigma en sujetos ciegos ya había sido descrita [383]. De manera similar, también se observa una actividad alfa occipital más baja en sujetos ciegos en el EEG de rutina. Los resultados apuntan hacia un comportamiento similar durante el sueño REM. Sin embargo, es interesante señalar que esta actividad alfa occipital más baja no se corresponde con una reducción similar en las regiones rolándicas, donde la actividad alfa es mayor [333].

Cantero y sus colegas [80] defienden la existencia de dos tipos de alfa durante el sueño REM: una actividad alfa de fondo, modulada en las regiones occipitales por Movimientos Oculares Rápidos, que puede considerarse una correspondencia electrofisiológica para los contenidos oníricos visuales; y los brotes de alfa en REM, independientes de la presencia de MORs, que pueden facilitar la conexión entre el cerebro onírico y el mundo exterior, actuando como un micro-despertar en ese estado.

Por otro lado, debe señalarse que en las regiones occipitales hay una actividad gamma más alta (Tabla 7 y Tabla 9) en ciegos, independientemente de existir recuerdo o no. Considerada frecuentemente como un enlace de integración entre diferentes áreas corticales, la actividad gamma durante el sueño REM ha sido considerada como responsable de la falta de lógica y congruencia de los pensamientos y la desconexión de los contextos sociales y temporales; estas

características serían responsables de la extrañeza del sueño REM y de la aceptación pasiva de la incongruencia de las escenas de sueño [345].

Sin embargo, la capacidad de recordar sueños fue similar en sujetos ciegos y videntes, con un promedio de 60% en los despertares REM, con el protocolo que se siguió que incluía grabaciones en el hogar, con despertares provocados y sin interacción con el investigador reproduciendo el protocolo de Murri y colaboradores [329].

La relación positiva entre recuerdo y un aumento de la actividad theta (véase Tabla 8) está alineada con resultados anteriores sobre actividades mentales [223].

En ambos grupos de sujetos, el recuerdo de sueños se asoció con un aumento en los MORs, algo que ya fue reflejado en el estudio piloto de Hong y colaboradores en un sujeto vidente [212]. También se asoció con una mayor actividad sigma en C4, O1 y O2 y una menor actividad delta en O2. Nuestros resultados confirman la capacidad onírica de los sujetos ciegos, lo que contradice los trabajos anteriores que lo refutan [210][267].

El hecho de que los sujetos ciegos presenten MORs y que estos estén correlacionados con el recuerdo visual del sueño es otro resultado que apoya nuestro argumento de que estas personas sí activan las áreas visuales durante el sueño, pudiendo generar su propia imaginación visual.

Ahora sabemos a ciencia cierta que las ondas PGO no solo están relacionadas con los REM, sino que predicen la siguiente dirección del movimiento del ojo [203]. Además, los estudios en humanos sugieren que los MORs son movimientos oculares visualmente dirigidos, ordenados por el cerebro anterior, en respuesta a imágenes de sueños visuales y que participan en el escaneo y la generación de imágenes de sueños [206].

Existen diferencias en la anatomía funcional de los movimientos oculares guiados visualmente durante la vigilia y el sueño REM. Durante la vigilia, las predicciones «*top-down*» sobre las consecuencias propioceptivas y exteroceptivas de los movimientos oculares se envían a los centros pontinos y

visuales, respectivamente. Los primeros provocan movimientos oculares a través de arcos reflejos clásicos (para suprimir el error de predicción propioceptiva), mientras que los últimos anticipan los cambios en la entrada de la retina. En el sueño, hay una pérdida selectiva de precisión en los errores de predicción visual, lo que significa que el cerebro piensa que sus predicciones en el dominio visual son perfectas y que no necesitan corrección. Esto permite la percepción sin sensación; es decir, soñando [203].

Parece que solo necesitamos descubrir un ejemplo en el que todo esto suceda sin experiencia previa, ya que una cosa es poder soñar y presentar REM sin recibir realmente entradas de la retina, (imágenes visuales sin percepción visual), y otra es poder soñar y presentar REM sin haber recibido nunca esas entradas, (imágenes visuales sin experiencia visual), como sería el caso de los ciegos congénitos. Schöpf y sus colegas [386] logran hacer precisamente eso al vincular el movimiento ocular *in utero* con las redes funcionales correspondientes utilizando los datos de fMRI BOLD (*Blood-oxygen-level-dependent*) en estado de reposo. Durante el tiempo de exploración, los movimientos oculares fetales fueron detectados y rastreados en los datos de MRI funcional. Sus resultados mostraron que *in utero* los movimientos oculares fetales están vinculados a redes simultáneas en áreas cerebrales visuales y frontales. Estos datos sugieren que la preparación del sistema visuo-motor humano vincula las áreas visuales y motoras antes del nacimiento. Además, se observó actividad parietal-occipital, que se sabe que se correlaciona con los movimientos oculares autogenerados y desempeña un papel crucial en la codificación del espacio visual extrapersonal.

5.4. REPRESENTACIONES GRÁFICAS

Con respecto a los dibujos realizados por los participantes ciegos, es difícil justificar tal variedad de escenas, objetos y personajes representados basándose solo en la preservación de propiedades métricas y espaciales sin representaciones pictóricas.

¿Cómo explicar la utilización de color, sombras, luz y perspectiva en los cuadros del pintor turco Esref Armagan, que nació totalmente ciego? ¿Y las descripciones tan vividas, detalladas y “visuales” de los sueños de Helen Keller sobre quién nos habla el gran neurólogo Oliver Sacks en su libro *El Ojo de la Mente* [375]? Vechi demostró la existencia de imaginería viso-espacial en ciegos congénitos con pruebas psicológicas [422] y, en su posdoctorado en la Sorbonne, Duarte ha estudiado los dibujos de niños ciegos y ha percibido que, aunque se les pueda enseñar algunos fundamentos para facilitar la representación gráfica, su capacidad de imaginación visual es sorprendente [140][141][142].

Para testar esas capacidades, se pidió a algunos voluntarios ciegos que, extra tareas del estudio, dibujasen cosas cotidianas, sobre las cuales habían hablado con nosotros mientras les estábamos colocando los sensores, o que habíamos visto en su casa, etc. En la Figura 37 podemos observar dos ejemplos de esas representaciones: un gato y una gallina. O sea, ejemplos de imágenes visuales que un ciego congénito puede generar de cosas que jamás vio antes y que, además, es capaz de dibujar.

Actualmente, ya sabemos que la imaginería espacial se basa en una organización funcional independiente, lo que permite que los ciegos, aunque no tengan experiencia visual, puedan presentar capacidades perceptivas y representativas [61].

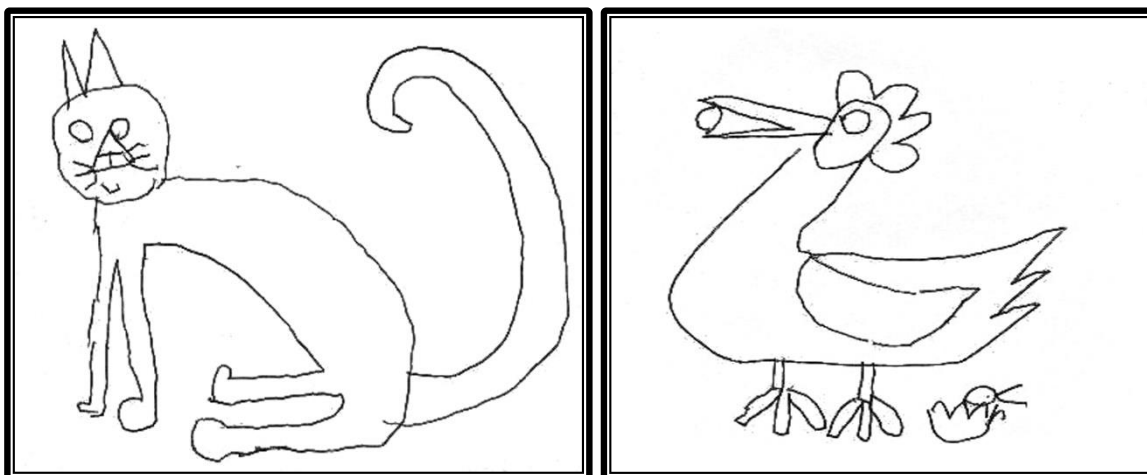


Figura 37 - Representaciones de un gato y de una gallina dibujados por dos ciegos congénitos

Se ha hablado anteriormente de la importancia del reconocimiento de rostros en el sistema visual y de las áreas corticales específicas responsables de esos procesos. No sería esperable que los ciegos, para reconocer/percibir a otras personas, utilizasen esa área. Sin embargo, aunque parezca paradójico es precisamente lo que hacen. Cuando se estudian con fMRI las respuestas neuronales de los ciegos congénitos al reconocer a otra persona, por ejemplo, a través de la voz, se observa la utilización del sistema visual para la percepción de rostros [151]. Similarmente, el reconocimiento de formas corporales, posturas, acciones, etc. en ciegos, no parece estar perjudicado por la ausencia de experiencia visual, ya que los ciegos congénitos, tal como hacen los videntes, activan el área EBA (*Extrastriate Body Area* – Área Corporal Extraestriada) cuando procesan informaciones corporales externas. Además, al contrario del reconocimiento de texturas, esa selectividad corporal no se encuentra en la corteza somatosensorial ni en la auditiva, sino solamente en la EBA [409].

Por último, a través del conocimiento sobre las bases neuronales requeridas para el dibujo, sabemos que es necesario que la representación gráfica/visual se encuentre previamente en el cerebro, que sea visualizada por el “ojo de la mente” antes de poder ser reproducida exteriormente, por ejemplo, en una hoja de papel. Ya que los ciegos lo hacen, debe ser porque en algún área cerebral estará previamente construido el concepto, por supuesto personal e individual, del objeto.

En resumen, la discusión permite concluir que se han logrado los objetivos propuestos en este trabajo. Hemos comprobado la existencia de contenidos visuales en los informes oníricos que, además, se correlacionan con una variable neurofisiológica globalmente reconocida como indicador de imaginación visual, directa o indirecta: la actividad alfa del EEG.

Hemos comprobado la existencia de MORs en ciegos y que, tal como en videntes, se relaciona con el recuerdo visual del sueño [212].

Los voluntarios ciegos congénitos fueron, asimismo, capaces de representar gráficamente las escenas oníricas que habían relatado, sin diferencias cualitativas significativas respecto a los videntes de control y, también, de dibujar un concepto de “figura humana” que tampoco presentó diferencias cuantitativas estadísticamente significativas respecto a las representaciones del mismo tema realizadas por sujetos videntes.

¿Y de donde provienen esas imágenes?

Para estudiar las acciones que se imaginaban durante el sueño REM, ya que, como hemos visto, el movimiento está inhibido, el gran neurobiólogo francés, Michel Jouvet, decidió bloquear los mecanismos de inhibición muscular en gatos y perros durante el sueño REM. Observó que presentaban comportamientos de caza, de espera, de huida, de preparación y entrenamiento para las actividades básicas de defensa y supervivencia [229]. En la misma línea del “Inconsciente Colectivo” propuesto por Jung [233]. Jouvet propuso que sería a través del sueño que se mantendrían los comportamientos y la entidad básicos de las especies. Además, defendió que aquello a que se suele llamar instinto no sería más que la consecuencia del sueño *in utero* o *in ovo*. Por ejemplo, el pollito que rompe el huevo y de inmediato empieza a picotear el maíz sin que la madre gallina le haya enseñado nada, lo haría porque hubiera soñado con ese comportamiento cuando aún estaba en el huevo.

Dado que, en el estudio de Schöpf y sus colegas [386], a los fetos no se les presentó ningún estímulo visual, la existencia de MORs parece indicar un generador de movimientos oculares intrínsecos en los fetos humanos.

Por lo tanto, dado que los fetos presentan MORs, que están relacionados con la exploración del mundo visual, ya sea durante la vigilia y el sueño, y nunca han experimentado estímulos visuales, uno puede preguntarse: ¿con qué están soñando? Y si los fetos pueden soñar, probablemente con imágenes visuales, sin tener experiencia visual, ¿por qué no podría suceder lo mismo con los sujetos ciegos?

Consecuentemente, proponemos que nuestros resultados apoyan la hipótesis de que los MORs presentados por ciegos congénitos durante el sueño son equivalentes a movimientos sacádicos y, en consecuencia, que aquellos son capaces de generar imaginación visual sin experiencia visual.

La repercusión de los hallazgos se está mostrando especialmente en dos áreas:

- En cuanto a los ciegos, la posibilidad de activación de la corteza visual sin nunca haber experimentado visualización directa, lo que abre perspectivas importantes para la investigación sobre prótesis visuales para ciegos, que, hasta entonces, estaba limitada a ciegos adquiridos.
- De un modo más general, la posibilidad de existencia de imaginación visual sin percepción visual, lo que representa una contribución importante para la discusión sobre los sustratos neuronales y la experiencia sensorial necesarios para construir conceptos visuales mentales y para la evocación de memorias visuales. De hecho, la posibilidad de existencia de otras modalidades de imaginación, por ejemplo, auditiva, sin percepción sensorial fue demostrada por nuestro grupo en otro trabajo con personas sordas [350][351].

En este tipo de estudio las muestras no suelen tener un gran número de sujetos, sea por la dificultad para encontrar voluntarios y los exigentes requisitos de inclusión, sea porque la especificidad es grande y la variabilidad interindividual no exige un gran número de individuos. Por ejemplo, cuando, en 1973, Zeki y compañeros descubrieron el área de procesamiento del color en la corteza del

mono Rhesus (V4) [391][440][441][442][443][445], confirmado por Heywood [199], y, después, en la corteza visual humana [444][445][446], el número de individuos de la muestra era muy pequeño. O el trabajo de Cowey y Haywood, basado en un único sujeto, que ha demostrado la existencia de ceguera cromática cortical preservándose, no obstante, el procesamiento del color [107].

No obstante lo dicho, sería conveniente poder repetir los experimentos con una muestra mayor de sujetos, en cuyo caso se podría mejorar el experimento utilizando para los nuevos registros un dispositivo de EEG inalámbrico (*wireless*), permitiendo reducir la incomodidad de dormir con una inmensidad de cables conectados al cuerpo.

Por último, la divulgación del trabajo a nivel mundial (véase apartado 7), en los medios de comunicación social, en libros de divulgación científica, además de las citaciones en artículos científicos, muestra la importancia de los resultados logrados.

CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

1. La observación de la correlación entre la atenuación del ritmo alfa en el EEG y el contenido visual de los sueños, junto con la ausencia de diferencias en las representaciones gráficas, nos lleva a concluir que los ciegos pueden producir imágenes virtuales, es decir, que las imágenes en sus sueños corresponden a la activación de las regiones visuales corticales.
2. El índice del contenido visual en los sueños, tanto en los sujetos ciegos como en los controles videntes, se correlaciona negativamente con la banda alfa del EEG, variable neurofisiológica reconocida como indicador de imaginación visual.
3. No hay diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los contenidos de las descripciones oníricas entre ciegos congénitos y videntes. Los relatos de sueños de ciegos congénitos presentan expresiones que suelen ser clasificadas como contenido visual, incluyendo descripción de formas y colores.
4. El promedio de despertares REM por sujeto y la capacidad de recordar sueños fueron muy similares en ambos grupos.
5. Los ciegos congénitos presentan MORs, considerados también indicadores de visualización y que se relacionan con la existencia de recuerdo del sueño. La densidad de MORs, los brotes de MORs y los MORs aislados fueron menores en ciegos congénitos que en videntes.
6. En ambos grupos, ciegos congénitos y videntes, el recuerdo de los sueños se asoció con una mayor actividad sigma en C4, O2 y O1 y theta en O2 y con una menor actividad delta en O2.

7. Cuando se consideran solamente sueños con recuerdo en fase REM, los ciegos congénitos presentaron mayores actividades sigma en C4 y gamma en O2 y O1.

8. Los ciegos son capaces de representar gráficamente las escenas de los sueños que han relatado sin diferencias cualitativas significativas respecto a los videntes de control y de dibujar un concepto de figura humana, cuya evaluación cuantitativa tampoco presenta diferencias estadísticamente significativas con las representaciones de los videntes.

DIFUSIÓN DE RESULTADOS

7. DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA TESIS

I wanted to address a scientific question
that appealed to me on an emotional level
not just a scientific one.

Geoffrey Marcy, 2001

El impacto de este estudio y, sobre todo, de nuestros resultados ha sido muy importante. Además de los artículos publicados y de las correspondientes citaciones, la mención en distintas obras científicas es señal de la importancia de los hallazgos. Asimismo, la divulgación mundial en los medios de comunicación social ha tenido una dimensión muy elevada, con referencias en periódicos y televisiones de todos los continentes.

Se indican abajo algunos ejemplos significativos.

PUBLICACIONES:

- Bértolo, H., Mestre, T., Barrio, A., Antona, B., “Rapid Eye Movements (REMs), visual dream recall, and spectral EEG components in both congenitally blind and sighted subjects,” *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, (*en revision*)
- Bértolo, H., Mestre, T., Barrio, A., Antona, B., “Rapid Eye Movements (REMs) and visual dream recall in both congenitally blind and sighted subjects,” *Proc. SPIE 10453, Third International Conference on Applications of Optics and Photonics, 104532C, (2017)*
- Bértolo, H., “Visual imagery without visual perception: lessons from blind subjects,” *Proc. SPIE 9286, Second International Conference on Applications of Optics and Photonics, 92862K, (2014)*

- Bértolo, H., "Visual imagery without visual perception?," *Psicológica*, 26, 173-188, (2005)
- Bértolo, H., Paiva, T., Pessoa, L., Mestre, T., Marques, R., and Santos, R., "Visual dream content, graphical representation and EEG alpha activity in congenitally blind subjects," *Cognitive Brain Research*, 15, 277-284, (2003).
- Bértolo, H., Mestre, T., and Paiva, T., "Neurophysiological correlates of dream recall and dream content in blind and sighted," *Clinical Neurophysiology*, 113, (Supplement), (2002).
- Mestre, T., Bértolo, H., and Paiva, T., "Dream recall, REMs and spectral EEG components in blind and sighted", *Journal of Sleep Research*, 11(S1), (2002).
- Bértolo, H., Paiva, T., Pessoa, L., Mestre, T., Marques R. and Santos, R., "Conteúdo visual onírico, representações gráficas e actividade alfa do EEG em cegos congénitos," *Resumos do III Congresso de Investigação em Medicina*, 290, (2002).
- Mestre, T., Bértolo, H., and Paiva, T., "Recordação onírica em cegos e normovisuais: associação com movimentos oculares rápidos e componentes espectrais de EEG", *Resumos do III Congresso de Investigação em Medicina*, 221, (2002).
- Bértolo, H. and Paiva, T., "Conteúdo Visual em Sonhos de Cegos," *Psicologia, Saúde & Doenças*, 2(1), 23-33, (2001).
- Bértolo, H., Paiva, T., Pessoa, L., Mestre, T. and Marques, R., "Differences in dream structure between blind and sighted subjects," *Actas de Fisiologia*, Volumen 7, (2001).
- Bértolo, H., Paiva, T., Pessoa, L., Mestre, T. and Marques, R., "Alpha attenuation during visual imagery in congenital blind dreams," *Clinical Neurophysiology*, 112, Supplement 1, (2001).
- Bértolo, H. and Paiva, T., "Dream and Image in Blind Subjects," *Hypnos*, 1(1), (2000).
- Bértolo, H. and Paiva, T., "Visual content in blind subjects dreams," *Sleep Research Online*, 2, Supplement 1, 271, (1999).

PRESENTACIONES EN EL ÁMBITO DEL PROGRAMA DE DOCTORADO:

- *Procesamiento visual en ciegos – un Modelo para la posibilidad de producción de imágenes visuales sin percepción visual*, **III Concurso Tesis en 3 minutos**, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2019.
- *Procesamiento visual en ciegos – un modelo para producción de imágenes visuales sin percepción visual*, **PhDay-FOO 2017**, Facultad de Óptica y Optometría, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2017.
- *Deceiving Vision – Aeronautic errors and accidents due to visual perception*, **Aeronautic Sciences Degree**, ISEC, Lisboa, 2017.
- *Rapid Eye Movements (REMs) and visual dream recall in both congenitally blind and sighted subjects*, **AOP2017, Third International Conference on Applications of Optics and Photonics**, Faro, 2017.
- *Rapid Eye Movements (REMs) and visual dream recall in both congenitally blind and sighted subjects*. **7th Congress of Ocular Optics**, Lisboa, 2017.
- *Are we born seeing or do we learn to see?*, **Inauguración del Museo de Óptica y Optometría**, Lisboa, 2015.
- *Are we born seeing or do we learn to see?*, **X Scientific Days of Optometry**, Lisboa, 2015.
- *Visual imagery without visual perception: lessons from blind subjects*, **AOP2014, Second International Conference on Applications of Optics and Photonics**, Aveiro, 2014.

LIBROS QUE HACEN REFERENCIA A NUESTRO TRABAJO:

- Jacquemont, G., [De Wetenschap Van Dromen], ten have, Utrecht, (2022).
- Csaszar, S., [Erkenne dich Selbst - Ein Essay über die eigene Wahrnehmung], Tredition, Hamburg, (2021).
- Parodi, M. & Sorgetti, P., [The Missing Eye], Witty Books, Torino, (2021).
- Powell, M., [The Hidden Lives of Dreams: What They Can Tell Us and How They Can Change], Lagom, London, (2020).

- Jacquemont, G., [La Science des Rêves: S'en Souvenir, Les Interpréter, Les Piloter], Flammarion, (2020).
- Dörnyei, Z., [Innovations and Challenges in Language Learning Motivation], Routledge, London, (2020).
- Hoss, R. J., Valli, K., and Gongloff, R.P., [Dreams: Understanding biology, psychology, and culture], Greenwood Press/ABC-CLIO, (2019).
- Calb, D. and Moreno, A., [La ciencia del sueño (o amanecer de una noche agitada)], Siglo XXI Editores, (2019).
- Jankowska, D.M., [Trajektorie rozwoju wyobraźni twórczej w dzieciństwie], Liberi Libri, (2019).
- Savarese, R.J., [See It Feelingly: Classic Novels, Autistic Readers, and the Schooling of a No-Good English Professor], Duke University Press, (2018).
- Krovoza, A. and Walde, C., [Traum und Schlaf: Ein interdisziplinäres Handbuch], J.B. Metzler, Springer-Verlag, Stuttgart, (2018).
- Papadogiannis, G.E., [In the province of dreams: An oneiric exploration of the unconscious], iWrite Publications, (2018).
- Csaszar, S., [Nada En Exceso: Un ensayo sobre la manera occidental de actuar], Tredition, Hamburg, (2017).
- Oyabi, A., [Forces spirituelles du corps humain], Éditions Oyabi-A, (2017).
- Zane, E., [On the Screen, In the Mind: An ERP Investigation into the Interaction Between Visuo-Spatial Information and Spatial Language During On-Line Processing], CUNY Academic Works, (2016).
- Welzer, H., Balci, G.Y., Minkmar, N., Mansour, A., Han, B-C., [Denk mal! 2017: Anregungen von Harald Welzer, Güner Yasemin Balci, Nils Minkmar, Ahmad Mansour, Byung-Chul Han u.a.], S. Fischer Verlag, (2016).
- Sternberg, E.J., [NeuroLogic: The Brain's Hidden Rationale Behind Our Irrational Behavior], Pantheon Books, New York, (2015).
- Kasper, S., [Instruction Grammar: From Perception via Grammar to Action], Walter de Gruyter, Berlin/Boston, (2015).
- Armstrong, C., [The Therapeutic "Aha!": 10 Strategies for Getting Your Clients Unstuck], W. W. Norton & Company, (2015).
- Hobson, A., [Psychodynamic Neurology: Dreams, Consciousness, and Virtual Reality], CRC Press, (2014).

- Klein, S., [Träume: Eine Reise in unsere innere Wirklichkeit], S. Fischer Verlag, Frankfurt am Main, (2014).
- Gallace A., and Spence, C., [In touch with the future: The sense of touch from cognitive neuroscience to virtual reality], Oxford University Press, (2014).
- Lacey, S., and Lawson, R., [Multisensory Imagery], Springer, New York, (2013).
- Chella, A. and Manzotti, R., [Artificial Consciousness], Andrews UK Limited, (2013).
- Goodwyn, E.D., [The Neurobiology of the Gods: How Brain Physiology Shapes the Recurrent Imagery of Myth and Dreams], Routledge, (2012).
- Trabucco, A., Andreucci, C., [Università Autonoma dei Bambini], UAB, (2012).
- Sacks, O., [The Mind's Eye], Pan Macmillan, (2011).
- Cattaneo, Z. and Vecchi, T., [Blind Vision: The Neuroscience of Visual Impairment], The MIT Press, (2011).
- Foglia, L., [Percezione visiva. Prospettive filosofiche ed empiriche], FrancoAngeli, Milano, (2011).
- Duarte, M.L.B., [Desenho Infantil e Seu Ensino a Crianças Cegas], Insight Editora, Curitiba, (2011).
- Goldstein, E.B., [Encyclopedia of Perception], SAGE, (2010).
- Schmicking, D., and Gallagher, S., [Handbook of Phenomenology and Cognitive Science], Springer Netherlands, (2010).
- Goldman, A. I., [Simulating Minds: The Philosophy, Psychology, and Neuroscience of Mindreading], Oxford University Press, New York, (2006).
- Parmeggiani, P.L. and Velluti, R.A., [The Physiologic Nature of Sleep], Imperial College Press, (2005).
- Loução, P.A., [Portugal - Terra de Mistérios], Ésquilo, Lisboa, (2001).

PREMIOS RELACIONADOS CON LA INVESTIGACIÓN DE LA TESIS:

- Premio para Originalidad "Cátedra Valeo" 2017, 1st PhD Day FOO – UCM, Madrid, (2017).
- Fellow de la Academia Europea de Optometría y Óptica, Varsovia, (2014).

- Young Scientist Award 2002, 16th Congress of the European Sleep Research Society, Reikiavik, (2002).
- Grande Premio BIAL en Ciencias Médicas 2002 (Mención Honorífica), Porto, (2002).
- Premio de la Sociedad Portuguesa de Psicología de la Salud, Lisboa, (2000).

OTRAS MENCIONES RELEVANTES:

- “The blind - the special?”, artículo de Sebastian Barsch y Susan Krause, sobre la abertura del Museo del Dialogo (Diálogo en la oscuridad. Una exposición para descubrir lo invisible), en Frankfurt am Main, Alemania, y sobre otros museos y/o exposiciones para ciegos o para enseñar a los videntes como es ser ciego, *Public Disability History* 4, (2019).
- “Il Sogno Di Omero”, documental de Emiliano Aiello, inspirado en nuestra investigación - *Un epico viaggio nell'onirismo per raccontare i sogni di cinque persone che soffrono di cecità congenita* (Un viaje épico al onirismo para contar los sueños de cinco personas que sufren de ceguera congénita) – Italia, (2018).
- “¿Ven los ciegos cuando sueñan?”, artículo sobre nuestro trabajo en el sitio web de OrCam, para publicitar los dispositivos de lectura para ciegos y personas con baja visión – OrCam MyEye 2.0 y OrCam MyReader 2.0 – que se acoplan a las gafas [<https://www.orcam.com/es/blog/ven-los-ciegos-cuando-suenan/>], España, (2018).
- “Cosa Sogna Chi Non Vede?”, reportaje y entrevista sobre la investigación en **Voyager**, programa de gran audiencia de la RAI (Radiotelevisione Italiana) – Italia, (2015).
- “Visual dreams in the congenitally blind?”, Debido al elevado impacto y novedad de nuestro *paper* en *Cognitive Brain Research*, the Editor-in-Chief of *TRENDS in Cognitive Sciences* pidió al profesor Lopes da Silva, uno de los neurofisiólogos más influyentes de nuestro tiempo y más considerados mundialmente [319], que más contribuyó para el estudio de los procesos de generación del ritmo alfa en el cerebro, autor de la llamada “Biblia del EEG”, el libro *Electroencephalography; Basic Principles, Clinical Applications and*

Related Fields, que escribiera un artículo sobre nuestro trabajo. En ese texto afirma “*Esto proporciona la primera evidencia objetiva de que sujetos que nunca han tenido experiencias visuales pueden tener sueños con imágenes virtuales que probablemente están mediadas por la activación de las áreas corticales responsables de las representaciones visuales*” [276].

REFERENCIAS

8. REFERENCIAS

- [1]. Abraham, F.A., Melamed, E., and Levy, S., "Prognostic value of visual evoked potentials in occipital blindness following basilar artery occlusion," *Appl Neurophysiol* 32, 126-135 (1975).
- [2]. Adams, J.A., and Portnoy, G.H., [Diagnostic and management in vision care], Butterworths, Boston, (1987).
- [3]. Ajzen, I., and Fishbein, M., [Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior], Prentice-Hall, New Jersey, (1980).
- [4]. Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., and Watson, J.D., [Molecular Biology of the Cell (3rd Ed.)], Garland, (1994).
- [5]. Aleman, A., van Lee, L., Mantione, M., Verkoijnen I., and de Haan E., "Visual imagery without visual experiences: evidence from congenitally totally blind people," *NeuroReport* 12(11), 2601-04, (2001).
- [6]. Alonso, D., [Your eyes! A comprehensive look at the understanding and treatment of vision problems], Avanti publishing, Pennsylvania, (1992).
- [7]. Altenmüller, E.O., "Psychophysiology and EEG," [Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields (3rd Edition)], Niedermeyer, E. and Lopes da Silva, F. (Eds.), Williams & Wilkins, Baltimore, 597-613, (1993).
- [8]. Altman, D.G., [Practical Statistics for Medical Research], Chapman and Hall, London, (1991).
- [9]. Amedi, A., Raz, N., Pianka, P., Malach, R., and Zohary, E., "Early 'visual' cortex activation correlates with superior verbal memory performance in the blind," *Nat Neurosci* 6, 758-766 (2003).
- [10]. American Electroencephalographic Society, "Guidelines for clinical evoked potentials studies," *J Clin Neurophysiol* 1, 3-53, (1984).
- [11]. Andersen, P., and Andersson, S.A., [Physiological Basis of the Alpha Rhythm], Appleton-Century-Crofts, New York, (1968).
- [12]. Anderson, J.R., [Cognitive Psychology and Its Implications (4th Ed)], W.H. Freeman and Company, New York, (1995).
- [13]. Anderson, R., "Imagery and Spatial Representation," [A Companion to Cognitive Science], Bechtel, W. and Graham, G. (Eds), Blackwell Publishers Ltd., Oxford, (1999).

- [14]. Andrade, J., Kemps, E., Werniers, Y., May, J., and Szmalec, A., "Insensitivity of visual short-term memory to irrelevant visual information," *Q J Exp Psychol-A* 55, 753-774, (2002).
- [15]. Andrillon, T., Nir, Y., Cirelli, C., Tononi, G., and Fried, I., "Single-neuron activity and eye movements during human REM sleep and awake vision," *Nat Commun* 6, 7884 (2015).
- [16]. Antrobus, J.S., Ehrlichman H., and Weiner M., "EEG asymmetry during REM-NREM: Failure to replicate," *J Sleep Res* 7-24, (1978).
- [17]. Antrobus, J., "Dreaming: Cognitive processes during cortical activation and high afferent thresholds," *Psychol Rev* 98, 96-121, (1991).
- [18]. Antrobus, J., "REM and NREM sleep reports: Comparison of word frequencies by cognitive classes," *Psychophysiology* 20, 562-568, (1983).
- [19]. Antrobus, J., "The dreaming mind/brain: understanding its processes with connectionist models," [Dreaming as cognition], Cavallero, C., and Foulkes, D. (Eds.), Simon & Schuster, Hempstead, England, 77-92, (1991).
- [20]. Arditi, A., Holtzman, J.D., and Kosslyn, S.M., "Mental imagery and sensory experience in congenital blindness," *Neuropsychologia* 26(1), 1-12, (1988).
- [21]. Armitage, R., Hoffmann, R., Loewy, D., and Moffitt, A., "Variations in period-analysed EEG asymmetry in REM and NREM sleep," *Psychophysiology* 26(3), 329-336, (1989).
- [22]. Arnheim, R., [Art and Visual Perception: A Psychology of the Creative Eye], University of California Press, California, (1974).
- [23]. Arnheim, R., [Intuição e intelecto na arte], Martins Fontes, São Paulo, (1989).
- [24]. Aserinsky, E., and Kleitman, N., "Regularly occurring periods of eye motility during sleep," *Science* 118, 273-274, (1953).
- [25]. Aserinsky, E., and Kleitman, N., "Two types of ocular motility occurring in sleep," *J Appl Physiology* 8, 1-10 (1955).
- [26]. Aubin, S. Christensen, J.A.E., Jennum, P., Nielsen, T., Kupers, R., and Ptito, M., "Preserved sleep microstructure in blind individuals," *Sleep Med* 42, 21-30, (2018).
- [27]. Bailes, S.M., and Lambert, R.M., "Cognitive aspects of haptic form recognition by blind and sighted subjects," *Br J Psychol* 77(4), 451-8, (1986).
- [28]. Bailey, E., [Clinical procedures in optometry], Lippincott Company, Philadelphia, (1991).
- [29]. Bakan, P., "Dreaming, REM sleep and the right hemisphere: A theoretical interpretation," *Journal of Altered States of Consciousness* 3, 285-307, (1977).

- [30]. Bakou, A., Margiotoudi, K., Kouroupa, A., and Vatakis A., "Temporal and sensory experiences in the dreams of sighted and congenital blind individuals," *Procedia Soc Behav Sci* 126, 188-189, (2014).
- [31]. Bancaud, J., Brunet, Bourgin F., Chauvel, P., and Halgren, "Anatomical origin of deja vu and vivid 'memories' in human temporal lobe epilepsy," *Brain* 117 (Pt 1), 71-90, (1994)
- [32]. Baptista, A., [A gênese da perturbação de pânico: A importância dos fatores familiares e ambientais durante a infância e adolescência], Dissertação de Doutorado, Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto, (1993).
- [33]. Barrett, J., and Ehrlichman, H., "Bilateral hemispheric alpha activity during visual imagery," *Neuropsychologia* 20(6), 703-8, (1982).
- [34]. Bartolomeo, P., "The relationship between visual perception and visual mental imagery: a reappraisal of the neuropsychological evidence," *Cortex* 38, 357-378, (2002).
- [35]. Bartolomeo, P., Bachoud-Lévi, A., de Gelder, B., Denes, G., dalla Barba, G., Brugières, P., and Degos, J., "Multiple-domain dissociation between impaired visual perception and preserved mental imagery in a patient with bilateral extrastriate lesions," *Neuropsychologia* 36(3), 239-249, (1998).
- [36]. Basso, A., Bisiach, E., and Luzzatti, C., "Loss of mental imagery!: A case study," *Neuropsychologia* 18(4-5), 435-442, (1980).
- [37]. Baylor, D.A., "Photoreceptor signals and vision," *Invest Ophthalmol Vis Sci* 28, 34-49, (1987).
- [38]. Baylor, D.A., Lamb, T.D., and Yau, K.W., "The membrane current of single rod outer segments," *J Physiol* 288, 589-611, London, (1979).
- [39]. Beatty, J., [The Human Brain: Essentials of Behavioral Neuroscience], Sage Publications, (2000).
- [40]. Beaumont, J.G., Mayes, A.R., and Rugg, M.D., "Asymmetry in EEG alpha-coherence and power: Effects of task and sex," *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 45, 393-401, (1978).
- [41]. Behrmann, M., Winocur, G., and Moscovitch, M., "Dissociation between mental imagery and object recognition in a brain-damaged patient," *Nature*, 359, 636-637, (1992).
- [42]. Berger, H., "Über das Elektroenkephalogramm des Menschen," *Arch Psychiatr Nervenkr* 87, 527-570, (1929).

- [43]. Berger, R.J., "Oculomotor control: A possible function of REM sleep," *Psychol Rev* 76, 144-164, (1969).
- [44]. Berger, R.J., and Oswald, I., "Eye movements during active and passive dreams," *Science* 137, 601, (1962).
- [45]. Berger, R.J., Olley, P., and Oswald, I., "EEG and eye movements and dreams of the blind," *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 13, 827-833, (1961).
- [46]. Bertolazi, A.N., [Tradução, adaptação cultural e validação de dois instrumentos de avaliação do sono: Escala de Sonolência de Epworth e Índice de Qualidade de Sono de Pittsburgh], Dissertação de Mestrado em Medicina, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-graduação em Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFGRS), Porto Alegre, (2008).
- [47]. Bértolo, H., "Visual imagery without visual perception?," *Psicológica* 26, 173-188, (2005).
- [48]. Bértolo, H., "Visual imagery without visual perception: lessons from blind subjects," *Proc. SPIE 9286, Second International Conference on Applications of Optics and Photonics, 92862K*, (2014).
- [49]. Bértolo, H., Mestre, T., Barrio, A., and Antona, B., "Rapid Eye Movements (REMs) and visual dream recall in both congenitally blind and sighted subjects," *Proc. SPIE 10453, Third International Conference on Applications of Optics and Photonics, 104532C*, (2017).
- [50]. Bértolo, H., and Paiva, T., "Conteúdo Visual em Sonhos de Cegos," *Psicologia, Saúde & Doenças* 2(1), 23-33, (2001).
- [51]. Bértolo, H., and Paiva, T., "Dream and Image in Blind Subjects," *Hypnos* 1(1), (2000).
- [52]. Bértolo, H., and Paiva, T., "Visual content in blind subjects dreams," *Sleep Research Online*, 2, Supplement 1, 271, (1999).
- [53]. Bértolo, H., Paiva, T., Pessoa, L., Mestre, T., and Marques, R., "Differences in dream structure between blind and sighted subjects," *Actas de Fisiologia, Volumen 7*, (2001).
- [54]. Bértolo, H., Paiva, T., Pessoa, L., Mestre, T., and Marques, R., "Alpha attenuation during visual imagery in congenital blind dreams," *Clin Neurophysiol* 112, Supplement 1, (2001).
- [55]. Bértolo, H., Paiva, T., Pessoa, L., Mestre, T., Marques, R., and Santos, R., "Visual dream content, graphical representation and EEG alpha activity in congenitally blind subjects," *Cogn Brain Res* 15, 277-284, (2003).
- [56]. Bértolo, H., Paiva, T., Pessoa, L., Mestre, T., Marques R., and Santos, R., "Conteúdo visual onírico, representações gráficas e actividade alfa do EEG em

- cegos congénitos,” Resumos do III Congresso de Investigaçao em Medicina 290, (2002).
- [57]. Birnholz, J.C., “The development of human fetal eye movement patterns,” *Science* 213, 679–681, (1981).
- [58]. Bodis-Wollner, I., Atkin, A., Raab, E., and Wolstein, M., “Visual association cortex and vision in man: Patterned evoked potentials in a blind boy,” *Science* 198, 629-631, (1977).
- [59]. Boldt, R., Seppä, M., Malinen, S., Tikka, P., Hari, R., and Carlson, S., “Spatial variability of functional brain networks in early-blind and sighted subjects,” *NeuroImage* 95, 208-216, (2014).
- [60]. Bonato, R.A., Moffit, A. and Hoffmann, R.F., “Bizarreness in dreams and nightmares,” *Dreaming* 1, 53, (1991).
- [61]. Bonino, D., Ricciardi, E., Bernardi, G., Sani, L., Gentili, C., Vecchi, T., and Pietrini, P., “Spatial imagery relies on a sensory independent, though sensory sensitive, functional organization within the parietal cortex: A fMRI study of angle discrimination in sighted and congenitally blind individuals,” *Neuropsychologia* 68, 59-70, (2015).
- [62]. Borst, G., and Kosslyn, S.M., “Individual differences in spatial mental imagery,” *Q J Exp Psychol* 63, 2031-2050, (2010).
- [63]. Borst, G., and Kosslyn, S.M., “Visual mental imagery and visual perception: structural equivalence revealed by scanning processes,” *Mem Cognit* 36(4), 849-862, (2008).
- [64]. Botez, M.I., Olivier, M., Vezina, J.L., Botez, T., and Kaufman, B., “Defective revisualization: dissociation between cognitive and imagistic thought. Case report and short review of the literature,” *Cortex* 21, 375-389, (1985).
- [65]. Bouyer, J.J., Montaron, M.F., Vahnée, J.M., Albert, M.P., and Rougel, A., “Anatomical localization of cortical beta rhythms in cat,” *Neuroscience* 22, 863-869, (1987).
- [66]. Bradley, A., Zhang, X., and Thibs, I., “Achromatism in the human eye,” *Optom Vis Sci*, 68(8):608-616, (1991).
- [67]. Brenner, R., Zauel, D., and Carlow, T., “Positive occipital sharp transients of sleep in the blind,” *Neurology, N.Y.*, 28, 609-612, (1978).
- [68]. Bretschneider, F., and De Weille, J.R., [Introduction to Electrophysiological Methods and Instrumentation], Academic Press-Elsevier, Amsterdam, (2006).
- [69]. Bronzino, J.D., [The Biomedical Engineering Handbook: Medical Devices and Systems, Third Edition], Taylor & Francis, Boca Raton, (2006).

- [70]. Broughton, R., "Biorhythmic variation in consciousness and psychological functions," *Can Psychol Rev*, 16, 217-239, (1975).
- [71]. Brooks, M., [Drawing to Learn], PhD. Thesis, University of New England, Australia, (2002).
- [72]. Bruce, V., Green, P.R., and Georgeson, M.A., [Visual Perception – physiology, psychology and ecology, Fourth Edition], Psychology Press, New York, (2010).
- [73]. Büchel C., Price C., Frackowiak R.S.J., and Friston K., "Different activation patterns in the visual cortex of late and congenitally blind subjects," *Brain*, 121, 409-419, (1998).
- [74]. Butler, S., and Glass, A., "Individual differences in the asymmetry of alpha activation," [Individual Differences in Hemispheric Specialization], Glass A (Ed.), Plenum, New York, 103-120, (1987).
- [75]. Butler, S., and Watson, R., "Individual differences in memory for dreams: the role of cognitive skills," *Percept Mot Skills*, 61, 823-828, (1985).
- [76]. Buysse, D.J., Reynolds, C.F. 3rd, Monk, T.H., Berman, S.R., and Kupfer D.J., "The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research," *Psychiatry Res*, 28(2), 193-213, (1989).
- [77]. Buzsaki, R., Bickford, R.G., Ponomareff, G., Thal, L.G., Mandel, R., and Gage, F.G., "Nucleus basalis and thalamic control of neocortical activity in the freely moving rat," *J. Neurosci*, 8, 4007-4026, (1988).
- [78]. Calabrese, L., and Marucci, F.S., "The influence of expertise level on the visuo-spatial ability: differences between experts and novices in imagery and drawing ability," *Cogn Process*, 7, 118-120, (2006).
- [79]. Cambier, A., and Quoc Vu, P.H., "Problematique Oedipienne et représentation de la famille," *Bulletin de Psychologie*, XXXVIII(369), 217-229, (1985).
- [80]. Cantero, J.L., Atienza, M., Salas, R.M., and Gómez, C., "Alpha power modulation during periods with rapid oculomotor activity in human REM sleep," *Neuroreport*, 10(9), 1817-20, (1999).
- [81]. Cantero, J., Atienza, M., and Salas, R., "Spectral features of EEG alpha activity in human REM sleep: two variants with different functional roles?," *Sleep*, 23(6), 746-750, (2000).
- [82]. Carlson, N.B., Kurtz, D., Heath, D.A., and Hines, C., [Procedimientos clínicos en el examen visual], Ciagami S.L., Madrid, (1994).
- [83]. Cartwright, R.D., "Dreams and Their Meaning," [Principles and Practice of Sleep Medicine], Kryger, M.H., Roth, T. and Dement, W.C. (Eds.), W.B.Saunders Company, 400-406, (1994).

- [84]. Castanheira Dinis, A., Novais, M., Cravo, I., Campos, F., Gouveia-Andrade, L., and Ribeiro da Silva, J., "Visual Function in Neurofibromatosis," *J Neuroophthalmol*, 16(4), 234-240, (1996).
- [85]. Cavallero, C., Foulkes, D., and Hollifield, M., "Memory sources of REM and NREM dreams," *Sleep*, 13, 449-455, (1990).
- [86]. Celesia, G.G., "Evoked potential techniques in the evaluation of visual function," *J Clin Neurophysiol*, 1, 55-76, (1984).
- [87]. Celesia, G.G., "Steady state and transient visual evoked potentials in clinical practice," *Ann N Y Acad Sci*, 388, 290-305, (1982).
- [88]. Celesia, G.G., "Visual Evoked Potentials and Electroretinograms," [Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields], Niedermeyer, E., and Lopes da Silva, F. (Eds.), Williams & Wilkins, 911-936, (1993).
- [89]. Celesia, G.G., Archer, C.R., Kuroiwa, Y., and Goldfader, P.R., "Visual function of the extrageniculocalcarine system in man," *Arch Neurol*, 37, 704-706, (1980).
- [90]. Celesia, G.G., Bushnell, D., Cone Toleikis, S., and Brigell, M.G., "Cortical blindness and residual vision: Is the "second" visual system in humans capable of more than rudimentary visual perception?," *Neurology*, 41, 862-869, (1991).
- [91]. Celesia, G.G., Polcyn, R.E., Holden, J.E., Nickles, R.J., Gatley, J.S., and Koeppel, R.A., "Visual evoked potentials and positron emission tomographic mapping of regional blood flow and cerebral metabolism: Can the neuronal potential generators be visualized?," *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 54, 243-256, (1982).
- [92]. Chamberlain, R., McManus, I.C., Riley, H., Rankin, Q. and Brunswick, N., "Local processing enhancements in superior observational drawing are due to enhanced perceptual functioning, not weak central coherence," *Q J Exp Psych*, 66(7), 1448-66, (2013).
- [93]. Chamberlain, R., "Attitudes and Approaches to Observational Drawing in Contemporary Artistic Practice," *Drawing Knowledge, TRACEY Drawing and Visualisation Research*, (2012).
- [94]. Chamberlain, R., McManus, I.C., Riley, H., Rankin, Q. and Brunswick, N., "Cain's House Revisited and Revived: Extending Theory and Methodology for Quantifying Drawing Accuracy," *Psychol Aesthet Creat Arts*, 8(2), 152-167, (2014).
- [95]. Cipolli, C., Ferrara, M., De Gennaro, L. and Plazzi, G., "Beyond the neuropsychology of dreaming: Insights into the neural basis of dreaming with new techniques of sleep recording and analysis," *Sleep Med Rev*, 35, 8-20, (2017).

- [96]. Cipra, H., "Smart Neurons Offer Neuroscience a Math Lesson," *Science*, 275 (5302), 929, (1997).
- [97]. Clark, J., Trinder, J. and Kramer, M., "An approach to the content analysis of dream content scales," *Sleep Res*, 1, 118, (1972).
- [98]. Clark, V., Keil, M., Maisog, J., Courtney, S., Ungerleider, L. and Haxby, J., "Functional resonance imaging of human visual cortex during face matching: A comparison with positron emission tomography," *NeuroImage*, 4, 1-15, (1996).
- [99]. Cobb, G.W., [Introduction to Design and Analysis of Experiments], Springer-Verlag, N. Y., (1998).
- [100]. Cocude, M., Mellet, E. and Denis, M., "Visual and mental exploration of visuo-spatial configurations: behavioural and neuroimaging approaches," *Psychol Res* 62(2-3), 93-106, (1999).
- [101]. Cohen, D. and Bennett, S., "Why can't most people draw what they see?," *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, 23, 609-621, (1997).
- [102]. Cohen, D. and MacNeilage, P., "A test of the salience hypothesis of dream recall," *J Consult Clin Psychol*, 42, 699-703, (1974).
- [103]. Cohen, M.S., Kosslyn, S.M., Breiter, H.C., DiGirolamo, G.J., Thompson, W.L., Anderson, A.K., Brookheimer, S.Y., Rosen, B.R. and Belliveau, J.W., "Changes in cortical activity during mental rotation. A mapping study using functional MRI," *Brain* 119 (Pt 1), 89-100, (1996).
- [104]. Cornoldi, C., Calore, D. and Pra-Baldi, A., "Imagery rating and recall in congenitally blind subjects," *Percept Mot Skills*, 48(2), 627-39, (1979).
- [105]. Cornoldi, C., Cortesi, A. and Preti, D., "Individual differences in the capacity limitations of visuospatial short-term memory: research on sighted and totally congenitally blind people," *Mem Cognit*, 19(5), 459-68, (1991).
- [106]. Cotton, J., [The Theory of Learners], Kogan Page Limited, (1997).
- [107]. Cowey, A. and Heywood, C.A., "Cerebral achromatopsia: colour blindness despite wavelength processing," *Trends Cogn Sci*, 1, 4, 133-139, (1997).
- [108]. Cox, M., [Desenho da criança, 2ª Ed.], Martins Fontes, São Paulo, (2001).
- [109]. Craver-Lemley, C. and Reeves, A., "How visual imagery interferes with vision," *Psychol Rev*, 99, 633-649, (1992).
- [110]. Crick, F. and Mitchison, G., "The function of dream sleep," *Nature*, 304, 111-114, (1983).
- [111]. Changeux, J.P., [Neuronal Man: The Biology of Mind], Pantheon, (1985).
- [112]. Chatterjee, A. and Southwood M.H., "Cortical blindness and visual imagery," *Neurology*, 45, 2189-2195, (1995).

- [113]. D'Esposito, M., Detre, J.A., Aguirre, G.K., Stallcup, M., Alsop, D.C., Tippet, L.J. and Farah, M.J., "A functional MRI study of mental imagery generation," *Neuropsychologia*, 35(5), 725-730, (1997).
- [114]. Damasio, A., "The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex," *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. B*, 351, 1413-1420, (1996).
- [115]. Damásio, A., [O Erro de Descartes – emoção, razão e cérebro humano], Forum da Ciência, Publicações Europa-América, (1994).
- [116]. Damásio, A., [The feeling of what happens. Body and emotion in the making of consciousness], Harcourt, San Diego, (1999).
- [117]. Damasio, H., Grabowski, T.J., Damasio, A., Tranel, D., Boles-Ponto, L., Watkins, G.L. and Hichwa, R.D., "Visual recall with eyes closed and covered activates early visual cortices," *Soc Neurosci Abstr*, 19(2), 1603, (1993).
- [118]. Darras, B., [Au commencement était l' image. Du dessin de l' enfant à la communication de l'adulte], ESF Éditeur, Paris, (1996).
- [119]. Darras, B., "L' image, un vue de l'esprit. Étude comparée de la pensée figurative et de la pensée visuelle," *Rech commun*, 9, (1998).
- [120]. Davis, M., "The role of amygdale in fear and anxiety," *Annu Rev Neurosci*, 15, 353-375, (1992).
- [121]. Dean, G.M. and Morris, P.E., "The relationship between self-reports of imagery and spatial ability," *Br J Psychol*, 94, 245-273, (2003).
- [122]. De Beni, R. and Cornoldi, C., "Imagery limitations in totally congenitally blind subjects," *J Exp Psychol: Learn Mem Cogn*, 14(4), 650-5, (1988).
- [123]. De Mattiello, M.L.F., "The underlying phenomenology in the teaching of light and color," *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*, XLVII, 3, 471-475, (1992).
- [124]. De Volder, A.G., Toyama, H., Kimura, Y., Kiyosawa, M., Nakano, H., Vanlierde, A., Wanet-Defalque, M.C., Mishina, M., Oda, K., Ishiwata, K. and Senda, M., "Auditory triggered mental imagery of shape involves visual association areas in early blind humans," *Neuroimage*, 14(1 Pt 1), 129-39, (2001).
- [125]. De Weerd, J.P.C., "Somatosensory evoked potentials: Review of techniques," [International Symposium on Somatosensory Evoked Potentials], Custom Printing, Rochester, 11-20, (1984).
- [126]. Dement, W.C. and Kleitman, N., "The relation of the eye movements during sleep to dream activity. An objective method for the study of dreaming," *J Exp Psychol*, 53, 339-346, (1957).

- [127]. Derogatis, L.R., [SCL-90-R: Administration, Scoring and Procedures Manual I for the Revised Version of the SCL-90], John Hopkins University Press, Baltimore, (1977).
- [128]. Desimone, R., Schein, S.J., Moran, J. and Ungerleider, L.G., "Contour, color and shape analysis beyond the striate cortex," *Vision Res*, 25, 3, (1985).
- [129]. Detari, L. and Vanderwolf, C.H., "Activity of cortically projecting and other basal forebrain neurons during large slow waves and cortical activation in anesthetized cat," *Brain Res*, 437, 1-8, (1987).
- [130]. Deutsch, E.D., "The dream imagery of the blind," *Psychoanal Rev*, 15, 288-293, (1928).
- [131]. DeYoe, E.A. and Van Essen, D.C., "Concurrent processing streams in monkey visual cortex," *Trends Neurosci*, 11(5), 219-26, (1988).
- [132]. Salles Dias, J.M., Galli, R., Almeida, A.C., Belo, C.A.C. and Rebordao. J.M., "mWorld: A multiuser 3D virtual environment," *IEEE Comput Graph Appl*, 17 (2), (1997).
- [133]. Dobelle, W.H., Quest, D.O., Antunes, J.L., Roberts, T.S. and Girvin, J.P., "Artificial Vision for the Blind by Electrical Stimulation of the Visual Cortex," *Neurosurgery*, 5(4), 521-527, (1979).
- [134]. Dobelle, W.H., Turkel, J., Henderson, D.C. and Evans, J., "Mapping the representation of the visual field by electrical stimulation of human visual cortex," *Am J Ophthalmol*, 88(4), 727-35, (1979).
- [135]. Dobelle, W.H., "Artificial Vision for the Blind by Connecting a Television Camera to the Brain," *ASAIO Journal*, 46, 3-9, (2000).
- [136]. Dobelle, W.H., "Artificial Vision for the Blind: The Summit May Be Closer Than You Think," *Trans Am Soc Artif Intern Organs*, (40)4, (1994).
- [137]. Domhoff, G.W., "Methods and Measures for the Study of Dream Content," [Principles and Practice of Sleep Medicine (3rd Ed.)] Kryger M.H., Roth T. and Dement W.C. (Eds.), W.B. Saunders Company, 6(37), 463-471, (2000).
- [138]. Domhoff, G.W., [Finding Meaning in Dreams: A Quantitative Approach], Plenum Press, New York, 213-273 (1996).
- [139]. Dowling, J.E., [The Retina: An approachable part of the brain], Harvard University Press, Cambridge M.A., (1987).
- [140]. Duarte, M.L.B, [Desenho Infantil e o seu ensino a crianças cegas: Razões e Método], Insight Editora, Curitiba, (2011).
- [141]. Duarte, M.L.B., [O desenho do pré-adolescente. Características e tipificação], Tese de Doutorado, ECA/USP, (1995).

- [142]. Duarte, M.L.B. "Pedras e água – um estudo sobre desenho e cognição. Na travessia das artes," Anais do XI Encontro da ANPAP, FAAP, São Paulo, (2001).
- [143]. Duffy, F.H., Bartels, P.H. and Burchfiel, J.L., "Significance probability mapping: an aid in the topographic analysis of brain electrical activity," *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 51, 455-462, (1981).
- [144]. Eckhorn, R., Bauer, R., Jordan, W., Brosch, M., Kruse, W., Munk, M. and Reitboeck, H.J., "Coherent oscillations: a mechanism of feature linking in visual cortex?," *Biol Cybern*, 60, 121-130, (1988).
- [145]. Ehrlen, K., "Drawings as representations of children's conceptions," *Int J Sc Ed* 31 (1), 41–57, (2009).
- [146]. Ehrlichman, H., Antrobus, J.S. and Weiner, M., "EEG asymmetry and sleep mentation during REM and NREM sleep," *Brain Cogn*, 4, 477-485, (1985).
- [147]. Engel, A.K., König, P., Gray, C.M. and Singer, W., "Stimulus-dependent neuronal oscillations in cat visual cortex: inter-columnar interaction as determined by cross-correlation analysis," *Eur J Neurosci*, 2, 588-606, (1990).
- [148]. Escudero, M. and Márquez-Ruiz, J., "Tonic inhibition and ponto-geniculo-occipital-related activities shape abducens motoneuron discharge during REM sleep," *J Physiol*, 586(14), 3479-91, (2008).
- [149]. Eswaran, H., Lowery, C.L., Wilson, J.D., Murphy, P. and Preissl, H., "Functional development of the visual system in human fetus using magnetoencephalography," *Exp Neurol*, 190(Suppl.), S52–S58, (2004).
- [150]. Evans, C., [Landscapes of the Night: How and Why We Dream], Pocket Books, (1983).
- [151]. Fairhall, S.L., Porter, K.B., Bellucci, C., Mazzetti, M., Cipolli, C. and Gobbini, M.I., "Plastic reorganization of neural systems for perception of others in the congenitally blind," *NeuroImage*, 158, 126-135, (2017).
- [152]. Farah, M., "The neural basis of mental imagery," *TINS*, 12(10), 395-399, (1989).
- [153]. Farah, M.J., Peronnet, F., Gonon, M.A. and Girard, M.H., "Electrophysiological evidence for a shared representational medium for visual images and visual percepts," *J Exp Psychol Gen*, 117, 248-257, (1988).
- [154]. Fernández-Mendoza, J., Lozano, B., Seijo, F., Santamarta-Liévana, E., Ramos-Platón, M.J., Vela-Bueno, A. and Fernández-González, F., "Evidence of subthalamic PGO-like waves during REM sleep in humans: a deep brain polysomnographic study," *Sleep*, 32, 1117–1126, (2009).
- [155]. Finke, R.A., "Levels of equivalence in imagery and perception," *Psychol Bull*, 87, 113-132, (1980).

- [156]. Finke, R.A., "Theories relating mental imagery to perception," *Psychol Bull*, 98, 236-259, (1985).
- [157]. Finkelstein, A., "Sensivity loss and adaptation within the short wavelength cone pathway," *Color Res Appl*, 18, 3, (1993).
- [158]. Fletcher, R. and Voke, J., [Defective colour vision, fundamentals, diagnosis and management], Adam Hilger, (1985).
- [159]. Forrest, E.B., "The innate vs. the learned: visual imagery and the role of experience," *J Am Optom Assoc*, 55(1), 43-46, (1984).
- [160]. Foulkes, D., [Children's Dreams: Longitudinal studies], Wiley-Interscience, New York, (1982).
- [161]. Foulkes, D., [A Grammar of Dreams], Basic Books, New York, (1978).
- [162]. Foulkes, D., [Dreaming and consciousness], *Eur. J. Cogn. Psychol.*, 2, 39-55, (1990).
- [163]. Foulkes, D., [Understanding our dreams. The World and I], 4, 296-303, (1989).
- [164]. Foulkes, D., Sullivan, B., Kerr, N.H. and Brown, L., "Appropriateness of dream feelings to dreamed situations," *Cogn Emot*, 2, 29-39, (1988).
- [165]. Freeman, W.J. and Van Dijk, B.W., "Spatial patterns of visual cortical fast EEG during conditioned reflex in a rhesus monkey," *Brain Res*, 422, 267-276, (1988).
- [166]. French, C. and Painter, J., "Spatial processing of images and hemisphere function," *Cortex*, 27, 511-520, (1991).
- [167]. Freud, S., [The Interpretation of Dreams], Dover Thrift Editions, (2015).
- [168]. Gaillard, J.M., Laurian, S. and Le, P., "EEG asymmetry during sleep," *Neurophysiology*, 11, 224-226, (1984).
- [169]. Ganis, G., Thompson, W.L. and Kosslyn, S.M., "Brain areas underlying visual mental imagery and visual perception: an fMRI study," *Cogn Brain Res*, 20, 226–241, (2004).
- [170]. Garcia, J., Hita, E., Romero, J. and Jimenez, I., "Color vision models and chromatic discrimination," *Opt Pura Apl*, 25, (1992).
- [171]. Gazzaniga, M.S., [The Bisected Brain], Appleton-Century-Crofts, New York, (1970).
- [172]. Goldberg, S., [Ophthalmology Made Ridiculously Simple, Ed. 2, 17th Printing], MedMaster, Inc., Miami, (2004).
- [173]. Goldenberg, G., Müllbacher, W. and Nowak, A., "Imagery without perception – A case study of anosognosia for cortical blindness," *Neuropsychologia*, 33(11), 1373-1382 (1995).
- [174]. Goldie, L. and Green, J.M., "Paradoxical blocking and arousal in the drowsy state," *Nature*, 187, 952, (1960).

- [175]. Goldstein, L., Stoltzhus, N.W. and Gardocki, J.F., "Changes in inter-hemispheric amplitude relationships in EEG during sleep," *Physiol Behav*, 8, 811-815, (1972).
- [176]. Gombrich, E.H., [Meditações sobre um cavalinho de pau e outros ensaios sobre a teoria da arte], EDUSP, São Paulo, (1999).
- [177]. Gombrich, E.H., [Art and Illusion], Princeton University Press, Princeton, NJ, (1960).
- [178]. Gomes, L.R., [Biofísica para Ciências da Saúde, 2ª Edição], Universidade Fernando Pessoa, Porto, (2012).
- [179]. Goodenough, F., [Measurement of Intelligence by Drawings], World Book, New York, (1928).
- [180]. Goodman, D.M., Beatty, J. and Mulholland, T.B., "Detection of cerebral lateralization of function using EEG alpha-contingent visual stimulation," *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 48(4), 418-31, (1980).
- [181]. Gott, J.A., Liley, D.T. and Hobson, J.A., "Towards a Functional Understanding of PGO Waves," *Front Hum Neurosci*, 11 (89), 1-12, (2017).
- [182]. Gottschalk, L.A., Buschbaum, M.S., Gillin, J.C., Wu, J.C., Reynolds, C.A. and Herrera, D.B., "Anxiety levels in dreams: relation to cerebral glucose metabolic rate brain," *Research*, 538, 107-110, (1991).
- [183]. Gottschalk, L.A., Buchsbaum, M.S., Gillin, J.C., Wu, J., Reynolds, C.A. and Herrera, D.B., "Positron-emission tomographic studies of the relationship of cerebral glucose metabolism and the magnitude of anxiety and hostility experienced during dreaming and waking," *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*, 3, 2, 131-42, (1991).
- [184]. Gottschalk, L.A., Winget, C.M. and Gleser, G.C., [Manual of Instructions for Using the Gottschalk-Gleser Content Analysis Scales], University of California Press, Los Angeles, (1969).
- [185]. Gray, C.M., Engel, A.K., König, P. and Singer, W., "Stimulus-dependent neuronal oscillations in cat visual cortex: receptive field properties and feature dependence," *Eur J Neurosci*, 2, 607-619, (1990).
- [186]. Gray, C.M., König, P., Engel, A.K. and Singer, W., "Oscillatory responses in cat visual cortex exhibit inter-columnar synchronization which reflects global stimulus properties," *Nature*, 338, 334-337, (1989).
- [187]. Gray, C.M. and Singer, W., "Stimulus-specific neuronal oscillations in orientation columns of cat visual cortex," *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, 86, 1698-1702, (1989).
- [188]. Guimarães, E., [Análise Psicofisiológica da Actividade Onírica], Master Thesis in Biophysics, Faculdade de Ciências de Lisboa, Lisboa, (1996).

- [189]. Gulyás, B., Larsson, J., Amunts, K., Zilles, K. and Roland, P.E., "Cortical Regions in The Human Brain Systematically Participating in The Processing and Analysis of Color," *Neuroimage*, Academic Press, 5, S2, (1997).
- [190]. Guérin, F., Ska, B. and Belleville, S., "Cognitive processing of drawing abilities," *Brain Cogn*, 40, 464-478, (1999).
- [191]. Haber, R.N., Haber, L.R., Levin, C.A. and Hollyfield, R., "Properties of spatial representations: data from sighted and blind subjects," *Percept Psychophys*, 54(1), 1-13, (1993).
- [192]. Hall, C.S. and Van de Castle, R., [The content analysis of dreams], Appleton-Century-Crofts, New-York, (1966).
- [193]. Hari, R., Salmelin, R., Mäkelä, J.P., Salenius, S. and Helle, M., "Magnetoencephalographic cortical rhythms," *Int J Psychophysiol*, 26(1-3), 51-62, (1997).
- [194]. Hartmann, E., "Nightmares and Other Dreams. [Principles and Practice of Sleep Medicine], Kryger, M.H., Roth, T., Dement, W.C. (Eds.), W.B.Saunders Company, 407-410, (1994).
- [195]. Hasson, U., Andric, M., Atilgan, H and Collignon, O., "Congenital blindness is associated with large-scale reorganization of anatomical networks," *NeuroImage*, 128,362-372, (2016).
- [196]. Hegarty, M., "Diagrams in the mind and in the world: relations between internal and external visualizations," [Diagrams], Blackwell A. et al. (Eds.), LNAI 2980, 1-13, Springer-Verlag, Berlin, (2004).
- [197]. Herman, J.H., Erman, M., Boys, R., Peiser, L., Taylor, M.E. and Roffwarg, H.P., "Evidence for a directional correspondence between eye movements and dream imagery in REM sleep," *Sleep*, 7(1), 52-63, (1984).
- [198]. Hermann, J., "Color in Dreams," [Encyclopedia of Sleep and Dreaming], Carskadon, M. (Ed.), Macmillan Publishing Company, New York, 130-131, (1993).
- [199]. Heywood, C.A., Gadotti, A. and Cowey, A.J., "Cortical area V4 and its role in the perception of color," *Neurosci*, 12:4056–4065, (1992).
- [200]. Hinton, G.E., Dayan, P., Frey, B.J. and Neal, R.M., "The "Wake-Sleep" Algorithm for Unsupervised Neural Networks," *Science*, 268 (5214), 1158-61, (1995).
- [201]. Hirshkowitz, M., Turner, D., Ware, J. and Karacan, I., "EEG amplitude asymmetry during sleep," *Sleep Res*, 8, 25, (1979).
- [202]. Hobson, A., Hoffman, S., Helfand, R. and Kostner, D., "Dream bizarreness and the activation-synthesis hypothesis," *Hum. Neurobiol*, 6, 157-164, (1987).

- [203]. Hobson, J.A. and Friston, K.J., "Waking and dreaming consciousness: Neurobiological and functional considerations," *Prog Neurobiol*, 98(1), 82-98, (2012).
- [204]. Hobson, J.A. and McCarley, R.W., "The brain as a dream state generator: An activation-synthesis hypothesis of the dream process," *Am J Psychiatry*, 134, 1335-1348, (1977).
- [205]. Hobson, J.A., [The dreaming brain], Basic Books, New York, (1988).
- [206]. Hobson, J.A., Hong, C.C.-H. and Friston, K.J., "Virtual reality and consciousness inference in dreaming," *Front Psychol*, 1133(5), 1-18, (2014).
- [207]. Hobson, J.A., Stickgold, R. and Pace-Schott, E.F., "The neurophysiology of REM sleep dreaming," *NeuroReport*, 9, R1-R14, (1998).
- [208]. Hollingworth, A., "Constructing visual representations of natural scenes: the roles of short- and long-term visual memory," *J Exp Psychol: Hum Percept Perform*, 30, 519-537, (2004).
- [209]. Hollingworth, A., Richard, A.M. and Luck, S.J., "Understanding the function of visual short-term memory: transsaccadic memory, object correspondence, and gaze correction," *J Exp Psychol Gen*, 137(1), 163-81, (2008).
- [210]. Holzinger, B., "The dreams of the blind: in consideration of the congenital and adventitously blindness," *J Sleep Res*, 9 (Supplement 1), 83, (2000).
- [211]. Hong, C.C., Gillin, J.C., Dow, B.M., Wu, J. and Buchsbaum, M.S., "Localized and lateralized cerebral glucose metabolism associated with eye movements during REM sleep and wakefulness: A Positron Emission Tomography (PET) study," *Sleep*, 18(7), 570-580, (1995).
- [212]. Hong, C.C., Potkin, S.G., Antrobus, J.S., Dow, B.M., Callaghan, G.M. and Gillin, J.C., "REM sleep eye movement counts correlate with visual imagery in dreaming: a pilot study," *Psychophysiology*, 34(3), 377-81, (1997).
- [213]. Hoppe, W., Lohmann, W., Markl, H. and Ziegler, H., [Biophysics], Springer-Verlag, (1983).
- [214]. Howard, R., Brammer, M., Wright, I., Woodruff, P., Bullmore, E. and Zeki, S., "A direct demonstration of functional specialization within motion-related visual and auditory cortex of the human brain," *Curr Biol*, 6, 1015-1019, (1996).
- [215]. Howe, J.B. and Block, K.A., "Emotional content of dreams recalled by elderly women," *Percept Mot Skills*, 56, 31-34, (1983).
- [216]. Hubel, D.H., "Explorations of the primary visual cortex, 1955-78," *Nature*, 299, 5883, (1982).

- [217]. Hubel, D.H. and Wiesel, T.N., "Integrative action in the cat's lateral geniculate body," *J Physiol*, 155, 385-398, (1961).
- [218]. Hubel, D.H. and Wiesel, T.N., "Receptive fields, binocular interaction, and functional architecture in the cat's visual cortex," *J Physiol*, 160, 106-154, (1962).
- [219]. Hubel, D.H. and Livingstone, M.S., "A comparison between sleeping and waking spontaneous and visually evoked activity in cat striate cortex examined by single cell recording and 2-deoxy-glucose autoradiography," *Soc Neurosci Abstr*, 6, 314, (1980).
- [220]. Humayun, M.S., de Juan, E. Jr., Dagnelie, G., Greenberg, R.J., Propst, R.H. and Phillips, D.H., "Visual perception elicited by electrical stimulation of retina in blind humans," *Arch Ophthalmol*, 114, 1, 40-6, (Jan 1996).
- [221]. Hurovitz, C.S., Dunn, S., Domhoff, G.W. and Fiss, H., "The dreams of blind men and women: a replication and extension of previous findings," *Dreaming*, 9(2/3), 183-193, (1999).
- [222]. Irizarry, R.A., [Introduction to Data Science – Data Analysis and Prediction Algorithms with R], Chapman and Hall/CRC, New York, (2019).
- [223]. Ishihara, T. and Izumi, M., "FM θ and imaginative mental activities," *Clin Electroencephalogr*, 17, 381-384, (1975).
- [224]. Jan, J.E., O'Donnell, M.E., "Use of melatonin in the treatment of paediatric disorders," *J Pineal Res*, 21, 4, 193-9, (1996).
- [225]. Jastrow, J., [Fact and Fable in Psychology], Houghton Mifflin, New York, (1900).
- [226]. João, K., Becker, B., Jesus. S. and Martins, R., "Validation of the Portuguese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI-PT)", *Psychiatry Res*, 247:225-229, (2017).
- [227]. Johns, M.W., "A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth Sleepiness Scale," *Sleep*, 14:50-55, (1991).
- [228]. Jordan, K., Heinze, H.J., Lutz, K., Kanowski, M. and Jäncke L., "Cortical activations during the mental rotation of different visual objects," *Neuroimage*, 13(1), 143-52, (2001).
- [229]. Juvet, M., [Le Château des Songes], Editions Odile Jacob, Paris, (1992).
- [230]. Juvet, M., [Le Sommeil et le Rêve], Editions Odile Jacob, Paris, (1992).
- [231]. Juvet, M., "Recherches sur les structures nerveuses et les mecanismes responsables des differentes phases du sommeil physiologique," *Arch Ital Biol*, 100, 125-206, (1962).
- [232]. Jung, C., "Approaching the unconscious," [Man and His Symbols], Jung C. (Ed.), Doubleday, New York, 18-103, (1964).

- [233]. Jung, C., [The Archetypes and the Collective Unconscious], Routledge, London, (1991).
- [234]. Juy, C., Charles, A., Garcia, A. and Bonafonte, S., "La visión de los colores," *Ver y Oír*, 52, (1991).
- [235]. Kandel, E.R., Schwartz, J.H. and Jessel, T.M., [Principles of Neural Science (4th Ed.)], McGraw-Hill, New York, (2000).
- [236]. Kapit, W., Macey, R.I. and Meisami, E., [The Physiology], Harper & Row, (1987).
- [237]. Karmiloff-Smith, A., [Beyond Modularity: A Developmental Perspective on Cognitive Science], Bradford Books, MIT Press, Massachusetts, (1995).
- [238]. Kaski, D., "Revision: is visual perception a requisite for visual imagery?," *Perception*, 31(6), 717-731, (2002).
- [239]. Kaupp, U.B. and Koch, K.W., "Role of cGMP and Ca²⁺ in vertebrate photoreceptor excitation and adaptation," *Annu Rev Physiol*, 54, 153-176, (1992).
- [240]. Kawashima, R., Roland, P.E. and O'Sullivan, B.T., "Functional anatomy of reaching and visuomotor learning: a positron emission tomography study," *Cereb Cortex*, 5, 11-122, (1995).
- [241]. Kennedy, J.M., "What can we learn about pictures from the blind? Blind people unfamiliar with pictures can draw in a universally recognizable outline style," *Am Sci*, 71, 19-26, (1983).
- [242]. Kerr, N. and Foulkes, D., "Right hemispheric mediation of dream visualization," *Cortex*, 17, 603-610, (1981).
- [243]. Kerr, N.H., "Dreaming, Imagery and Perception," [Principles and Practice of Sleep Medicine (3rd Ed.)], Kryger M.H., Roth T. and Dement W.C. (Eds.), W.B. Saunders Company, 6(39), 482-490, (2000).
- [244]. Kerr, N.H., Foulkes, D. and Schmidt, M., "The structure of laboratory dream reports in blind and sighted subjects," *J Nerv Ment Dis*, 170, 247-264, (1982).
- [245]. Kerr, N.H., Foulkes, D. and Schmidt, M., "The structure of laboratory dream reports in blind and sighted subjects," *Percep Phycophysiol*, 23, 117-124, (1978).
- [246]. Knauff, M., Kassubek, J., Mulack, T., and Greenlee, M.W., "Cortical activation evoked by visual mental imagery as measured by fMRI," *Neuroreport*, 11(18), 3957-62, (2000).
- [247]. Koprinska, I., Pfurtscheller, G. and Flotzinger, D., "Sleep Classification in Infants by Decision Tree-Based Neural Networks," *Artif Intell Med*, 8 (4), 387-401, (1996).
- [248]. Kosslyn, S.M., "Aspects of a cognitive neuroscience of mental imagery," *Science*, 240(4859), 1621-6, (1988).

- [249]. Kosslyn, S.M., Alpert, N.M., Thompson, W.L., Maljkovic, V., Weise, S.B., Chabris, C.F., Hamilton, S.E., Rauch, S.L. and Buonanno, F.S., "Visual mental imagery activates topographically organised visual cortex: PET investigations," *J Cognit Neurosc*, 5, 263-287, (1993).
- [250]. Kosslyn, S.M. and Koenig, O., [*Wet Mind: The New Cognitive Neuroscience*], The Free Press, New York, (1992).
- [251]. Kosslyn, S.M. and Ochsner, K.N., "In search of occipital activation during visual mental imagery," *TINS*, 17(7), 290-2, (1994).
- [252]. Kosslyn, S.M., DiGirolamo, G.J., Thompson, W.L. and Alpert, N.M., "Mental rotation of objects versus hands: neural mechanisms revealed by positron emission tomography," *Psychophysiology*, 35(2), 151-61, (1998).
- [253]. Kosslyn, S.M., Ganis, G. and Thompson, W., "Neural foundations of imagery," *Nat Rev Neuroscience*, 2, 635-642, (2001).
- [254]. Kosslyn, S.M., Pascual-Leone, A., Felician, O., Camposano, S., Keenan, J.P., Thompson, W.L., Ganis, G., Sukel, K.E. and Alpert, N.M., "The role of area 17 in visual imagery: convergent evidence from PET and rTMS," *Science*, 284(5411), 167-70, (1999).
- [255]. Kosslyn, S.M., Thompson, W.L. and Alpert, N.M., "Neural systems shared by visual imagery and visual perception: a Positron Emission Tomography Study," *Neuroimage*, 6, 320-334, (1997).
- [256]. Kosslyn, S.M., Thompson, W.L., Kim, I.J. and Alpert, N.M., "Topographical representations of mental images in primary visual cortex," *Nature*, 378, 496-498, (1995).
- [257]. Kosslyn, S.M., [*Image and Mind*], Harvard University Press, Cambridge, M.A., (1980).
- [258]. Kozbelt, A., "Artists as experts in visual cognition," *Visual Cogn*, 8, 705-723, (2001).
- [259]. Kramer, M., "The Scientific Study of Dreaming," [*Principles and Practice of Sleep Medicine*], Kryger, M.H., Roth, T. and Dement, W.C. (Eds.), W.B.Saunders Company, 394-399, (1994).
- [260]. Kramer, M., Hlasny, R., Jacobs, G. and Roth, T., "Do dreams have meaning? An empirical inquiry," *Am J Psychiatry*, 133, 778-781, (1976).
- [261]. Kreiman, G., Koch, C. and Fried, I., "Imagery neurons in the human brain," *Nature*, 408, 357-361, (2000).
- [262]. Kryger, M.H., Roth, T. and Carskadon, M., "Circadian Rhythms in Humans: An Overview," [*Principles and Practice of Sleep Medicine*], Kryger, M.H., Roth, T. and Dement (Eds.), W.C., W.B.Saunders Company, 301-308, (1994).

- [263]. Kuffler, S.W., "Discharge patterns and functional organization of the mammalian retina," *J Neurophysiol*, 251, 465-482, (1953).
- [264]. Kujala, T., Alho, K., Huotilainen, M., Ihmoniemi, R.J., Leinonen, A., Rinne, T., Salonen, O., Sinkkonen, J., Standertskjöld-Nordenstam, C.G. and Näätänen, R., "Electrophysiological evidence for cross-modal plasticity in humans with early and late-onset blindness," *Psychophysiology*, 34(2), 213-6, (1997).
- [265]. Kujala, T., Alho, K., Kekoni, J., Hämäläinen, H., Reinukainen, K., Salonen, O., Standertskjöld-Nordenstam C.G. and Näätänen R., "Auditory and somatosensory event-related brain potentials in early blind humans," *Exp Brain Res*, 104(3), 519-26, (1995).
- [266]. Lagnado, L. and Baylor, D., "Signal flow in visual transduction," *Neuron*, 8, 995-1002, (1992).
- [267]. Lavie, P., [The Enchanted World of Sleep], Yale University Press, (1996).
- [268]. Le Bihan, D., Turner, R., Zeffiro, T.A., Cuénod, C.A., Jezzard, P. and Bonnerot, V., "Activation of human primary visual cortex during visual recall: A magnetic resonance imaging study," *Proc Natl Acad Sci, USA*, 90, 11802-11805, (1993).
- [269]. Lehman, D. and Koenig, T., "Spatio-temporal dynamics of alpha brain electric fields, and cognitive modes," *Int J Psychophysiol*, 26(1-3), 99-112, (1997).
- [270]. Lehman, D., Henggeler, B., Koukkou, M. and Michel, C.M., "Source localization of brain electric field frequency bands during conscious, spontaneous, visual imagery and abstract thought," *Brain Res Cogn Brain Res*, 1(4), 203-10, (1993).
- [271]. Lim, A. S., Lozano, A. M., Moro, E., Hamani, C., Hutchison, W. D., Dostrovsky, J. O., Lang, A.E., Wennberg, R.A. and Murray, B.J., "Characterization of REM-sleep associated ponto-geniculo-occipital waves in the human pons," *Sleep*, 30, 823–827, (2007).
- [272]. Liu, Y., Yu, C., Liang, M., Li, J., Tian, L., Zhou, Y., Qin, W., Li, K. and Jiang, T., "Whole brain functional connectivity in the early blind," *Brain*, 130, 2085–2096, (2007).
- [273]. Livingstone, M.S. and Hubel, D.H., "Effect of sleep and arousal on the processing of visual information in the cat," *Nature* 291, 554-561, (1981).
- [274]. Lockley, S.W., Skene, D.J., Tabandeh, H., Bird, A.C., Defrance, R. and Arendt, J., "Relationship between napping and melatonin in the blind," *J Biol Rhythms*, 12, 1, 16-25, (1997).
- [275]. Lodish, H., Baltimore, D., Berk, A., Zipursky, S.L., Matsudaira, P. and Darnell, J., [Molecular Cell Biology (3rdEd.)], Scientific American Books, (1995).

- [276]. Lopes da Silva, F.H., "Visual dreams in the congenitally blind?," *Trends Cogn Sci*, 7(8), 328-330, (2003).
- [277]. Lopes da Silva, F.H., "Dynamics of EEGs as Signals of Neuronal Populations: Models and Theoretical Considerations," [Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields], Niedermeyer, E., Lopes da Silva, F. (Eds.), Williams & Wilkins, 63-77, (1993).
- [278]. Lopes da Silva, F.H. and Storm van Leeuwen, W., "The cortical source of alpha rhythm," *Neurosci Lett*, 6, 237-241, (1977).
- [279]. Lopes da Silva, F.H., Van Lierop, T.H.M.T., Schrijer, C.F. and Van Leeuwen, S., "Organization of thalamic and cortical alpha rhythms: spectra and coherences," *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 35, 627-639, (1973).
- [280]. Lopes da Silva, F.H. and Van Rotterdam, A., "Biophysical Aspects of EEG and Magnetoencephalogram Generation," [Electroencephalography - Basic Principles, Clinical Applications and Related Fields], Niedermeyer, E. and Lopes da Silva, F.H. (Eds.), Urban & Schwarzenberg, Baltimore - Munich, 5, 78-91, (1993).
- [281]. Lopes da Silva, F.H., Van Rotterdam, A., Storm van Leeuwen, W. and Tielen, A.M., "Dynamic characteristics of visual evoked potentials in the dog. II. Beta frequency selectivity in evoked potentials and background activity," *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 29, 260-268, (1970).
- [282]. Lueck C.J., Zeki S., Friston K.J., Deiber M.P., Cope P., Cunningham V.J., Lammertsma A.A., Kennard C. and Frackowiak R.S.J., "The Color Center in The Cerebral Cortex of Man," *Nature*, 340, 386-389, (1989).
- [283]. Luquet, G.-H., [O desenho infantil], Ed. Minho, Porto, (1969).
- [284]. Llinás, R.R. and Paré, D., "Of dreaming and wakefulness," *Neuroscience*, 44, 3, 521-35, (1991).
- [285]. Machado, A.B.M., [Neuroanatomia Funcional (2ª Ed.)], Livraria Ateneu Editora, Belo Horizonte, (1993).
- [286]. Maffei, L., "Electroretinographic and visual cortical potentials in response to alternating gratings," *Ann N Y Acad Sci*, 388, 1-10, (1982).
- [287]. Maffizzoli, A., "Visione dei colori in rapporto ai filtri colorati e alla composizione spettrale della luminanza," *Atti Fond Giorgio Ronchi*, XLVI, 2, 313-321, (1991).
- [288]. Mahé, V. and Chevalier, J.F., "Role of biological clock in human pathology," *Presse Med*, 24, 22, 1041-6, (1995).
- [289]. Mahon, B.Z., Anzellotti, S., Schwarzbach, J., Zampini, M. and Caramazza, A., "Specific Organization in the Human Brain Does Not Require Visual Experience," *Neuron*, 63, 397-405, (2009).

- [290]. Mamelak, A. and Hobson, J.A., "Dream bizarreness as the cognitive correlate of altered neuronal behavior in REM sleep," *J Cog Neurosci*, 1, 201-222, (1989).
- [291]. Maquet, P., Péters, J., Aerts, J., Delfiore, G., Degueldre, C., Luxen, A. and Franck, G., "Functional neuroanatomy of human rapid-eye-movement sleep and dreaming," *Nature*, 383, 6596, 163-6, (1996).
- [292]. Marks, D.F. and Isaac, A.R., "Topographical distribution of EEG activity accompanying visual and motor imagery in vivid and non-vivid imagers," *Br J Psychol*, 86(Pt2), 271-82, (1995).
- [293]. Marmor, G.S. and Zaback, L.A., "Mental rotation by the blind: does mental rotation depend on visual imagery?," *J Exp Psycho*, 2(4), 515-21, (1976).
- [294]. Márquez-Ruiz, J. and Escudero, M., "Tonic and phasic phenomena underlying eye movements during sleep in the cat," *J Physiol*, 586(14), 3461-77, (2008).
- [295]. Mayberg, H., McGinnis, S. and Liotti, M. "Reciprocal limbic-cortical function and mood: converging PET findings in depression normal sadness," *NeuroImage*, 5(4), S303, (1997).
- [296]. Mazziotta, J., Phelps, M. and Carson, R., "Tomographic mapping of human cerebral metabolism: subcortical responses to auditory and visual stimulation," *Neurology*, 34, 825-828, (1984).
- [297]. McCarley, R.W., "Dreams and the Biology of Sleep," [Principles and Practice of Sleep Medicine], Kryger M.H., Roth T. and Dement W.C. (Eds.), W.B.Saunders Company, 373-383, (1994).
- [298]. McCarley, R.W., "REM dreams, REM sleep and their isomorphism," [Sleep Disorders: Basic and Clinical Research], Chase, M. and Weitzman, E.D. (Eds.), Spectrum Publications, New York, 363-392, (1983).
- [299]. McCarley, R.W. and Hoffman, E.A., "REM sleep dreams and the activation-synthesis hypothesis," *Am J Psychiatry*, 138, 904-912, (1981).
- [300]. McCarley, R.W. and Hobson, J.A., "Cortical unit activity in desynchronized sleep," *Science*, 167, 901-903, (1970).
- [301]. McCarley, R.W. and Hobson, J.A., "Neuronal excitability modulation over the sleep cycle: A structural and mathematical model," *Science*, 189, 58-60, (1975).
- [302]. McCarley, R.W. and Hobson, J.A., "The form of dreams and the biology of sleep," [Handbook of Dreams: Research, Theories and Application], Wolman, B.B. (Ed.), Van Nostrand Reinhold, New York, 76-130, (1979).
- [303]. McCarley, R.W. and Ito, K., "Intracellular evidence linking medial pontine reticular formation neurons to PGO wave generation," *Brain Res*, 280, 343-348, (1983).

- [304]. McCarley, R.W., Benoit, O. and Barrionuevo, G., "Lateral geniculate nucleus unitary discharge in sleep and waking: State- and rate-specific aspects," *J Neurophysiol*, 50, 798-818, (1983).
- [305]. McCormick, L., Nielsen, T., Ptito, M., Hassainia, F., Ptito, A., Villemure, JG., Vera, C. and Montplaisir, J., "REM sleep dream mentation in right hemispherectomized patients," *Neuropsychologia*, 35, 5, 695-701, (1997).
- [306]. McKee, G., Humphrey, B. and McAdam, D.W., "Scaled laterization of alpha activity during linguistic and musical tasks," *Psychophysiology*, 10, 441-443, (1973).
- [307]. McKeefry, D.J. and Zeki, S., "Mapping and Topographic Organization of The Visual Field in Human Area V4 as Revealed by fMRI," *Neuroimage*, Academic Press, 5, S1, (1997).
- [308]. McMahon, J.A., "An explanation for normal and anomolous drawing ability and some implications for research on perception and imagery," *Vis Arts Res*, 28, 38-52, (2002).
- [309]. Meaidi, A., Jennum, P., Ptito, M. and Kupers, R., "The sensory construction of dreams and nightmare frequency in congenitally blind and late blind individuals," *Sleep Med*, 15, 5, 586-595, (2014).
- [310]. Mednick, S.C., "Sleep and Dreams," [Encyclopedia of Perception], Ed. Goldstein, E.B., Volume 1, 892-894, SAGE, (2010).
- [311]. Mellet, E., Tzourio, N., Crivello, F., Joliot, M., Denis, M. and Mazoyer, B., "Functional anatomy of spatial mental imagery generated from verbal instructions," *J Neurosci*, 16(20), 6504-6512, (1996).
- [312]. Mellet, E., Tzourio-Mazoyer, N., Bricogne, S., Mazoyer, B., Kosslyn, S.M. and Denis, M., "Functional anatomy of high-resolution visual mental imagery," *J Cogn Neurosci*, 12(1), 98-109, (2000).
- [313]. Menon, R., Ogawa, S., Strupp, J. and Ugurbil, K., "Ocular dominance in human V1 demonstrated by functional magnetic resonance imaging," *J Neurophysiol*, 77, 2780-2787, (1997).
- [314]. Meredith, J.T. and Celesia, G.G., "Pattern-reversal visual evoked potentials and retinal eccentricity," *Electroencephelogr Clin Neurophysiol*, 53, 243-253, (1982).
- [315]. Meredieu, F. [O desenho infantil], Cultrix, São Paulo, (1979).
- [316]. Merleau-Ponty, M., [Merleau-Ponty na Sorbonne: resumo dos cursos de filosofia e linguagem], Papirus, Campinas, (1990).
- [317]. Mestre, T., Bértolo, H. and Paiva, T., "Dream recall, REMs and spectral EEG components in blind and sighted," *J Sleep Res*, 11(Suppl.1), 153, (2002).
- [318]. Mestre, T., Bértolo, H. and Paiva T., "Recordação onírica em cegos e normovisuais: associação com movimentos oculares rápidos e componentes

- espectrais de EEG,” Resumos do III Congresso de Investigaçao em Medicina, 221, (2002).
- [319]. Michel, C.M., Baillet, S., Benar, C., Bertrand, O., Gotman, J., He, B., Huiskamp, G-H., Lemieux, L., Makeig, S., Pascual-Leone, A., Salmelin, R., Seri, S., Valdes-Sosa, P. and Wendling, F., “In Memoriam: Fernando Lopes da Silva (1935–2019)”, *Brain Topogr* 32, 519–522, (2019).
- [320]. Miller, K.D., Keller, J.B. and Stryker, M.P., “Ocular dominance column development: Analysis and simulation,” *Science*, 245, 605-615, (1989).
- [321]. Miller, S.G. and Kennedy, M.B., “Regulation of brain type II Ca^{2+} /calmodulin-dependent protein kinase by autophosphorilation: a Ca^{2+} -triggered molecular switch,” *Cell*, 44, 861-870, (1986).
- [322]. Mistlberger, R.E. and Rusak, B. “Circadian Rhythms in Mammals: Formal Properties and Environmental Influences,” [Principles and Practice of Sleep Medicine], Kryger, M.H., Roth, T. and Dement, W.C. (Eds.), W.B.Saunders Company, 277-285, (1994).
- [323]. Miyauchi, S., Misaki, M., Kan, S., Fukunaga, T. and Koike, T., “Human brain activity time-locked to rapid eye movements during REM sleep,” *Exp Brain Res*, 192, 657–667, (2009).
- [324]. Miyauchi, S., Takino, R. And Azakami, M., “Evoked Potentials during REM sleep reflect dreaming,” *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 76(1), 19-28, (1990).
- [325]. Miyauchi, S., Takino, R., Fukuda, H. and Torii, S., “Electrophysiological evidence for dreaming: human cerebral potentials associated with rapid eye movement during REM sleep,” *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 66, 383-390, (1987).
- [326]. Montgomery, D.C., [Design and Analysis of Experiments, 10th Ed], Wiley, (2019).
- [327]. Moran, J., and Desimone, R., “Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex,” *Science* 229(4715), 782-784 (1985).
- [328]. Münte, T., Altenmüller, E. and Jäncke, L., “The musician’s brain as a model of neuroplasticity,” *Nat Rev Neurosci*, 3, 473-8, (2002).
- [329]. Murri, L., Massetani, R., Siciliano, G., Giovanditti, L. and Arena, R., “Dream recall after sleep interruption in brain-injured patients sleep,” *Sleep*, 8(4), 356-362, (1985).
- [330]. Newcombe, N., [Desenvolvimento infantil: abordagem de Mussen], Artes Médicas Sul, Porto Alegre, (1999).
- [331]. Newcombe, N. and Learmonth, A., “The development of spatial competence,” [Handbook of Visuospatial Reasoning], Shah, P. and Miyake, A. (Eds.), Cambridge University Press, New York, 213-256, (2005).

- [332]. Ng, V.W., Bullmore, E.T., de Zubicaray, G.I., Cooper, A., Suckling, J. and Williams, S.C., "Identifying rate-limiting nodes in large-scale cortical networks for visuospatial processing: an illustration using fMRI," *J Cogn Neurosci*, 13(4), 537-45, (2001).
- [333]. Niedermeyer, E., "The Normal EEG of the Waking Adult," [Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields, (3rd Ed.)], Niedermeyer, E. and Lopes da Silva, F. (Eds.), Williams and Wilkins, Baltimore, 131-152, (1993).
- [334]. Niiyama, Y., Shimizu, T., Abe, M. and Hishikawa, Y., "Phasic EEG activities associated with rapid eye movements during REM sleep in man," *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 70(5), 396-403, (1988).
- [335]. Nunez, P.L. and Srinivasan, R., [Electric Fields of the Brain: The Neurophysics of EEG, Second Edition], Oxford University Press, New York, (2006).
- [336]. Ohayon, M., [Intelligence Artificielle et Psychiatrie], Masson, Paris, (1989).
- [337]. Okuma, T., "On the psychophysiology of dreaming: a sensory image-free association hypothesis of the dream process," *Jpn J Psychiatry Neurol*, 46, 1, 7-22, (1992).
- [338]. Ornstein, R.E., [The Psychology of Consciousness], Freeman, San Francisco, (1972).
- [339]. Ostrofsky, J., Kozbelt, A. and Seidel, A., "Perceptual constancies and visual selection as predictors of realistic drawing skill," *Psychol Aesthet Creat Arts*, 6, 124-136, (2012).
- [340]. Paiva, T., [O Sono - Aspectos clínicos e funcionais], Tese de Doutorado, Universidade de Lisboa, (1991).
- [341]. Paivio, A., "Imagery as a Private Audio-Visual Aid," *Instr Sci* 9(4), 295- 309, (1980).
- [342]. Pearson, J., Naselaris, T., Holmes, E.A. and Kosslyn, S.M., "Mental Imagery: Functional Mechanisms and Clinical Applications," *Trends Cogn Sci*, 19, 10:590-602, (2015).
- [343]. Peigneux, P., Laureys, S., Fuchs, S., Delbeuck, X., Degueldre, C., Aerts, J., Delfiore, G., Luxen, A. and Maquet, P., "Generation of rapid eye movements during paradoxical sleep in humans," *Neuroimage* 14, 701–708, (2001).
- [344]. Perez-Fabello, M.J. and Campos, A., "The influence of imaging capacity on visual art skills," *Think Skills Creat*, 2, 128-135, (2007).
- [345]. Pérez-Garci, E., del-Rio-Portilla, Y., Guevara, M., Arce, C., Corsi-Cabrera, M., "Paradoxical sleep is characterized by uncoupled gamma activity between frontal and perceptual cortical regions," *Sleep*, 24(1), 118-126, (2001).

- [346]. Petshe, H., Pockberger, H. and Rappelsberger, P., "On the search for the sources of the electroencephalogram," *Neuroscience*, 11, 1-27, (1984).
- [347]. Pfurtscheller, G. and Aranibar, A., "Event-related desynchronization detected by power measurements of the scalp EEG," *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 42(6), 817-826, (1977).
- [348]. Piaget, J. and Inhelder, B., [The Child's Conception of Space], Norton, New York, (1967).
- [349]. Pillar, A.D., [Desenho e construção de conhecimento na criança], Artes Médicas Sul, Porto Alegre, (1996).
- [350]. Pires, J., "Auditory and verbal contents of dreams in congenital deaf and correlation with spectral EEG bands power," *Sleep Med*, 10(2), S7, (2009).
- [351]. Pires, J., Paiva, T., Peralta, R., Santos, R., Ferreira, L., Bértolo, H., Galhardo, I., Najmark, A. and Dias, O., "Dream content in congenital deafness," *Sleep Med*, 8(1), S111, (2007).
- [352]. Pivik, R.T., "The Psychophysiology of Dreams," [Principles and Practice of Sleep Medicine], Kryger, M.H., Roth, T. and Dement, W.C. (Eds.), W.B.Saunders Company, 384-393, (1994).
- [353]. Pivik, R.T., McCarley, R.W. and Hobson, J.A., "Eye-movement-associated discharge in brain stem neurons during desynchronized sleep," *Brain Res*, 121, 59-76, (1977).
- [354]. Popper, K., [Conjectures and Refutations], Basic Books, New York, (1962).
- [355]. Pöttsch, R., [El Sueño en El Arte], Ediciones Roche, Basileia, Suíça, (1994).
- [356]. Powell, J. and Davidoff, J., "Selective impairments of object knowledge in a case of acquired cortical blindness," *Memory*, 3, 3-4, 435-61, (Set-Dez 1995).
- [357]. Ptito, M., Schneider, F.C.G., Paulson, O.B. and Kupers, R., "Alterations of the visual pathways in congenital blindness," *Exp Brain Res*, 187, 41-49, (2008).
- [358]. Quinn, J.G., "Irrelevant pictures in visual working memory," *Q J Exp Psychol-A*, 49, 200-215, (1996).
- [359]. Rakic, P., "Development of visual centers in the primate brain depends on binocular competition before birth," *Science*, 214, 928-931, (1981).
- [360]. Ramadas, J. and Shayer, M., "Schematic Representation in Optics," [Children's Informal Ideas in Science], Black, P.J. and Lucas, A.M. (Eds.), Routledge, London, (1993).
- [361]. Rebert, C.S. and Low, D.W., "Differential hemispheric activation during complex visuomotor performance," *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 44, 724-734, (1978).

- [362]. Rechtschaffen, A. and Kales, A., [A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects], US Government Printing Office, Washington DC, (1968).
- [363]. Reich, L., Szwed, M., Cohen, L. and Amedi, A., "Ventral Visual Stream Reading Center Independent of Visual Experience," *Curr Biol*, 21, 363-368, (2011).
- [364]. Reichers, M., Kramer, M. and Trinder, J., "A replication of the Hall-Van de Castle character scale norms," *Psychophysiology*, 7, 238, (1970).
- [365]. Reiman, E., Fusselman, M., Fox, P. and Raichle, M., "Neuroanatomical correlates of anticipatory anxiety," *Science*, 243, 1071-1074, (1989).
- [366]. Renier, L.A., Anurova, I., De Volder, A.G., Carlson, S., VanMeter, J. and Rauschecker, J.P., "Preserved Functional Specialization for Spatial Processing in the Middle Occipital Gyrus of the Early Blind," *Neuron*, 68 (1), 138-148, (2010).
- [367]. Rich, E., Knight, K. and Finlay, J., "Learning," [Artificial Intelligence "Machine Learning", 2nd Edition], McGraw-Hill Inc, New York, (1997).
- [368]. Richter, W., Somorjai, R., Summers, R., Jarmasz, M., Menon, R.S., Gati, J.S., Georgopoulos, A.P., Tegeler, C., Ugurbil, K. and Kim, S.G., "Motor area activity during mental rotation studied by time-resolved single-trial fMRI," *J Cogn Neurosci*, 12(2), 310-20, (2000).
- [369]. Röder, B., Rösler, F. and Hennighausen, E., "Different cortical activation patterns in blind and sighted humans during encoding and transformation of haptic images," *Psychophysiology*, 34(3), 292-307, (1997).
- [370]. Röder, B., Rösler, F., Hennighausen, E. and Näcker, F., "Event-related potentials during auditory and somatosensory discrimination in sighted and blind human subjects," *Brain Res Cogn Brain Res*, 4(2), 77-93, (1996).
- [371]. Roland, P. and Gulyás, B., "Visual imagery and visual representation," *TINS*, 17(7), 281-287, (1994).
- [372]. Roland, P. and Gulyás, B., "Visual memory, visual imagery, and visual recognition of large field patterns by the human brain: functional anatomy by positron emission tomography," *Cereb Cortex*, 5, 79-93, (1995).
- [373]. Rosa, A., Kemp, B., Paiva, T., Lopes da Silva, F.H. and Kamphuisen, H.A.C., "A Model Based Detector of Vertex Waves and K -Complexes in Sleep EEG," *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 78, 71-79, (1993).
- [374]. Sacks, O., [Um Antropólogo em Marte], Relógio D'Água, (1996).
- [375]. Sacks O., [The Mind's Eye], Pan Macmillan, (2011).
- [376]. Sadato, N., Pascual-Leone, A., Grafman, J., Ibañez, V., Deiber, M.P., Dold, G. and Hallett, M., "Activation of the primary visual cortex by Braille reading in blind subjects," *Nature*, 380 (6574), 526-8, (1996).

- [377]. Sadeh, A., Klitzke, M., Anders, T.F. and Acebo, C., "Case study: sleep and aggressive behavior in blind, retarded adolescent. A concomitant schedule disorder?," *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*, 34, 6, 820-4, (1995).
- [378]. Sakai, K. and Miyashita, Y., "Visual Imagery: an interaction between memory retrieval and focal attention," *TINS*, 17(7), 287-289, (1994).
- [379]. Salenius, S., Kajola, M., Thompson, W.L., Kosslyn, S. and Hari, R., "Reactivity of magnetic parieto-occipital alpha rhythm during visual imagery," *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 95(6), 453-62, (1995).
- [380]. Sandler, L., Kramer, M., Fishbein, H. and Trinder, J., "Interlaboratory reliability of the Hall-Van de Castle character scale," *Psychophysiology*, 6, 248, (1969).
- [381]. Sandler, L., Kramer, M., Trinder, J. and Fishbein, H., "Interlaboratory reliability of the Hall-Van de Castle characters, social interactions, activities and emotions scales," *Psychophysiology*, 7, 33, (1970).
- [382]. Sartre, J.P., [The Psychology of Imagination], Kensington Publishing Corporation, (2003).
- [383]. Scrofani, A., Cioni, M., Filetti, S., Lanaia, F., Pennisi, G., Bella, R., Grasso, A., "Changes in sleep spindle activity of subject with chronic somatosensitive and sensorial deficits. Preliminary results," *Ital J Neurol Sci*, 17(6), 423-8, (1996).
- [384]. Schiefer, U., Wilhelm, H. and Hart, W., [Clinical Neuro-Ophthalmology: A Practical Guide], Springer, New York, (2007).
- [385]. Schmidt, E.M., Bak, M.J., Hambrecht, F.T., Kufta, C.V., O'Rourke, D.K. and Vallabhanath, P., "Feasibility of a visual prosthesis for the blind based on intracortical microstimulation of the visual cortex," *Brain*, 119(Pt 2). 507-22, (1996).
- [386]. Schöpf, V., Schlegl, T., Jakab, A., Kasprian, G., Woitek, R., Prayer, D. and Langs, G., "The relationship between eye movement and vision develops before birth," *Front Hum Neurosci*, 8 (775), 1-6, (2014).
- [387]. Schupp, H.T., Lutzenberger, W., Birbaumer, N., Miltner, W. and Braun, C., "Neurophysiological differences between perception and imagery," *Brain Res Cogn Brain Res*, 2(2), 77-86, (1994).
- [388]. Seeley, W.P. and Kozbelt, A., "Art, artists, and perception: A model for premotor contributions to perceptual analysis and form recognition," *Philos Psychol*, 21, 149-171, (2008).
- [389]. Shepard, R.N. and Cooper, L., [Mental images and their transformation], Cambridge University Press, Cambridge, (1982).
- [390]. Shepard, R.N. and Metzler, J., "Mental rotation of three-dimensional objects," *Science*, 171, 701-3, (1971).

- [391]. Shipp, S., Zeki, S., "Segregation of pathways leading from area V2 to areas V4 and V5 of macaque monkey visual cortex," *Nature*, 315:322–324, (1985).
- [392]. Singer, W., "Role of the acetylcholine in use-dependent plasticity of the visual cortex," [Brain Cholinergic Systems], Steriade, M. and Biesold (Eds.), Oxford University Press, Oxford-New York, 314-336, (1990).
- [393]. Sinton, M.S. and McCarley, R.W., "Neuroanatomical and neurophysiological aspects of sleep: Basic science and clinical relevance," *Sem Clin Neuropsychiatry*, 5, 6-19, (2000).
- [394]. Skene, D.J., Deacon, S. and Arendt, J., "Use of melatonin in circadian rhythm disorders and following phase shifts," *Acta Neurobiol Exp*, 56, 1, 359-62, (1996).
- [395]. Skrandies, W., "Visual information processing: topography of brain electrical activity," *Biol Psychol*, 40, 1-2, 1-15, (1995).
- [396]. Snyder, F., "The phenomenology of REM dreaming," [The Psychodynamic Implication of the Physiological Studies on Dreams], Madow, L. and Snow, L.H. (Eds.), Charles C Thomas Publisher, Springfield, Illinois, 125-151, (1970).
- [397]. Solms, M., "Dreams and REM sleep are controlled by different brain mechanisms," *Behav Brain Sci*, 23(6), 843-850, (2000).
- [398]. Solms, M., "New findings on the neurological organization of dreaming: implications for psychoanalysis," *Psychoanal Q*, 64, 1, 43-67, (1995).
- [399]. Solms, M., [The Neuropsychology of dreams: a clinico-anatomical study], Psychology Press/Lawrence Erlbaum Associates, (1997).
- [400]. Spehlmann, R., Gross, R.A., Ho, S.U., Leestma, J.E. and Nocross, K.A., "Visual evoked potentials and postmortem findings in a case of cortical blindness," *Ann Neurol*, 2, 531-534, (1977).
- [401]. Stairs, P.W. and Block, K.A., "A survey of emotional content of dreams recalled by college students," *Psychol Rep*, 45, 839-842, (1979).
- [402]. Steriade, M., "Brain Electrical Activity and Sensory Processing during Waking and Sleep States," [Principles and Practice of Sleep Medicine], Kryger, M.H., Roth, T., Dement, W.C. (Eds.), W.B.Saunders Company, 8, 86-103, (1989).
- [403]. Steriade, M., "Cellular Substrates of Brain Rhythms," [Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields], Niedermeyer, E. and Lopes da Silva, F. (Eds.), Williams & Wilkins, 27-62, (1993).
- [404]. Steriade, M., "The excitatory-inhibitory response sequence in thalamic and neocortical cells: state-related changes and regulatory systems," [Dynamic Aspects of Neocortical Functions], Edelman, G.M., Gall, W.E. and Cowan, W.M. (Eds.), Wiley-Interscience, New York, 107-157, (1984).

- [405]. Steriade, M., Gloor, P., Llinás, R.R., Lopes da Silva, F.H. and Mesulam, M.M., "Basic mechanisms of cerebral rhythmic activities," *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 76, 481-508, (1990).
- [406]. Sternberg, E.J., "What Do the Blind See When they Dream? – On Perception, Dreams, and the Creation of the External World," [NeuroLogic: The Brain's Hidden Rationale Behind Our Irrational Behavior], 3-37, Pantheon Books, New York, (2015).
- [407]. Stone, M., "Creativity in Dreams," [Encyclopedia of Sleep and Dreaming], Carskadon, M. ((Ed.), Macmillan Publishing Company, New York, 149-151, (1993).
- [408]. Strauch, I., Loepfe, M. and Meier, B., "Laboratory dreams: Incidence, quality, and intensity of emotions and REM sleep characteristics," *Sleep Res*, 16, 239, (1987).
- [409]. Striem-Amit, E. and Amedi, A., "Visual Cortex Extrastriate Body-Selective Area Activation in Congenitally Blind People "Seeing" by Using Sounds," *Curr Biol*, 24, 687-692, (2014).
- [410]. Stryer, L., "Visual excitation and recovery," *J Biol Chem*, 266, 10711-10714, (1991).
- [411]. Tate, P., [Seeley's Principles of Anatomy & Physiology, Second Edition], McGraw-Hill, New York, (2012).
- [412]. Thouvenin, D., Tiberge, M., Arne, J.L. and Arbus, L., "Brain electrical activity mapping in the study of visual development and amblyopia in young children," *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*, 32, 1, 10-6, (1995).
- [413]. Treisman, A., "Feature binding, attention and object perception," *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*, 353(1373), 1295-306, (1998).
- [414]. Treisman, A., "Solutions to the binding problem: progress through controversy and convergence," *Neuron*, 24(1), 105-10, 111-25, (1999).
- [415]. Trinder, J. and Kramer, M., "Dream recall," *Am. J. Psychiatry*, 128, 76-81, (1971).
- [416]. Tröster, H., Brambring, M. and Van der Burg, J., "Sleep disorders in visually handicapped children in infancy and preschool age," *Prax Kinderpsychol Kinderpsychiatr*, 44, 2, 36-44, (1995).
- [417]. Uhl, F., Kretschmer, T., Lindinger, G., Goldenberg, G., Lang, W., Oder, W. and Deecke, L., "Tactile mental imagery in sighted persons and in patients suffering from peripheral blindness early in life," *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 91, 249-255, (1994).
- [418]. Ungerleider, L.G. and Mishkin, M., [Analysis of Visual Behavior], Ingle, D.J., Goodale, M.A. and Mansfield, R.J.W. (Eds.), MIT Press, Cambridge, p. 549, (1982).

- [419]. Vander, J.F. and Gault, J. A., [Ophthalmology Secrets in Color, Third Edition], Mosby-Elsevier, Philadelphia, (2007).
- [420]. van Sommers, P., [Drawing and cognition: descriptive and experimental studies of graphic production processes], Cambridge University Press, Cambridge, (1984).
- [421]. van Sommers, "A system for drawing and drawing related neuropsychology," *Cogn Neuropsychol*, 6(2), 117-164, (1989).
- [422]. Vecchi, T., "Visuo-spatial imagery in congenitally totally blind people," *Memory*, 6(1), 91-102, (1998).
- [423]. Veraart, C.L., "Perspectives in the rehabilitation of vision in blind subjects," *Bull Mem Acad R Med Belg*, 151, 2, 175-85, (1996).
- [424]. Vignaendra, V., Matthews, R. and Chatrian, G., "Positive occipital sharp transients of sleep: Relationships to nocturnal sleep cycle in man," *Electroenceph Clin Neurophysiol*, 37, 239-246, (1974).
- [425]. Voss, P., and Zatorre, R.J., "Organization and Reorganization of Sensory-Deprived Cortex," *Curr Biol*22, R168–R173, (2012).
- [426]. Voss, U., Tuin, I., Schermelleh-Engel, K. and Hobson, A., "Waking and dreaming: Related but structurally independent. Dream reports of congenitally paraplegic and deaf-mute persons," *Conscious Cogn*, 20 (3), 673-687, (2011).
- [427]. Vygotsky, L.S. [La imaginacion y el arte en la infancia], Akal Editor, Madrid, (1982).
- [428]. Wallon, H., [Do acto ao pensamento. Ensaio de psicologia comparada], Moraes Editores, Lisboa, (1979).
- [429]. Wallon, H. and Lurçat, L., [Dessin, espace et schéma corporel chez l'enfant], Les Éditions ESF], (1987).
- [430]. Wang, R., Wu, L., Tang, Z., Sun, X., Feng, X., Tang, W., Qian, W., Wang, J., Jin, L., Zhong, Y. and Xiao, Z., "Visual cortex and auditory cortex activation in early binocularly blind macaques: A BOLD-fMRI study using auditory stimuli," *Biochem Biophys Res Commun*, 485, 796-801, (2017).
- [431]. Watson, J.B., "Psychology as the behaviorist views it *Psychol*," *Rev*, 20, 158-177, (1913).
- [432]. Weisberg, R.W., [Creativity: beyond the myth of genius], Freeman, New York, (1993).
- [433]. Williamson, S.J. and Kaufman, L., "Advances in neuromagnetic instrumentation and studies of spontaneous brain activity," *Brain Topogr*, 2(1-2), 129-39, (1989).
- [434]. Williamson, S.J., Kaufman, L., Lu, Z.L., Wang, J.Z. and Karron, D., "Study of human occipital alpha rhythm: the alphon hypothesis and alpha suppression," *Int J Psychophysiol*, 26(1-3), 63-76, (1997).

- [435]. Wilson, B., "The superheroes of J.C. Holtz. Plus an outline of a theory of child art," *Art Education*, 2-8, (1974).
- [436]. Wilson, B. and Wilson M., "Uma visão iconoclasta das fontes de imagens nos desenhos de crianças," *Revista ARTE*, 1 e 2, 14-16, (1984).
- [437]. Wisdom, J., [Other Minds], Literary Licensing, (2013).
- [438]. Young, R.W., "Visual cells," *Sci Am*, 223(4), 80-91, (1970).
- [439]. Yuen, P.S.T. and Garbers, D.L., "Guanylyl cyclase-linked receptors," *Annu Rev Neurosci*, 15, 193-225, (1992).
- [440]. Zeki, S.M., "Colour coding in rhesus monkey prestriate cortex," *Brain Res*, 53, 422-427. (1973).
- [441]. Zeki, S.M., "Colour coding in the superior temporal sulcus of rhesus monkey visual cortex," *Proc R Soc Lond*, B197:195–223, (1977).
- [442]. Zeki, S.M., "Uniformity and diversity of structure and function in rhesus monkey prestriate visual cortex," *J Physiol*, 277:273–290, (1978).
- [443]. Zeki, S.M., "The Distribution of Wavelength and Orientation Selective Cells in Different Areas of Monkey Visual Cortex", *Proc R Soc*, B217:449–470 (1983).
- [444]. Zeki S.M., Lueck, C.J., Friston, K.J., Kennard, C. and Frackowiak, R.S., "A direct demonstration of functional specialization in human visual cortex, *J Neurosci*, 11:641–649, (1991).
- [445]. Zeki, S.M., "La imagen visual en la mente y el cerebro," *Investig cienc*, 194:26-35, (1992).
- [446]. Zeki, S. M., [A Vision of the Brain], Blackwell Scientific Publications: Oxford Univ. Press, (1993).
- [447]. Zimler, J. and Keenan, J.M., "Imagery in the congenitally blind: how visual are visual images?," *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*, 9(2):269-82, (1983).

ANEXOS

9. ANEXOS

ANEXO 1 – CUESTIONARIO GENERAL

	Questionário Geral
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------

Código ID :	Data : / /
Nome Próprio :	Sexo : Masculino <input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/>
Idade :	Data de Nascimento : / /

	SIM	NÃO
Tem problemas em adormecer à noite?		
Costuma acordar durante:		
1ª metade da noite		
2ª metade da noite		
quantas vezes (no total)?		
Quanto tempo dorme em média (não contando o tempo que fica acordado na cama)?		
Sente dificuldade em acordar e levantar-se de manhã?		
Deita-se todos os dias sensivelmente à mesma hora?		
Trabalha por turnos?		
É fumador?		
Já consumiu algum tipo de droga?		
Costuma beber café?		
Se sim quantos por dia?		
A que horas se deita geralmente		
durante a semana?		
aos fins de semana?		
A que horas se levanta geralmente		
durante a semana?		
aos fins de semana?		
Quando acorda de noite costuma ter receio de não voltar a adormecer?		
Durante o sono costuma:		
ter congestão nasal?		
ressonar?		
parar de respirar?		
acordar de repente com falta de ar?		
ter outros problemas de respiração?		
sentir o coração bater rapidamente ou irregularmente?		
suar excessivamente?		
caminhar?		
falar?		
ranger os dentes?		
fazer movimentos bruscos com o corpo e a cabeça?		
acordar confuso?		
ter pesadelos?		
Costuma lembrar-se frequentemente de sonhos?		
É destro ou canhoto?		

SAÚDE GERAL E ANTECEDENTES		
	SIM	NÃO
Qual o seu peso?		
Qual a sua altura?		
Tem dores com frequência?		
Tem ou teve doenças como diabetes, hipertensão arterial, alergias, etc.?		
se sim, quais?		
Alguém na sua família teve ou tem: problemas emocionais ou psiquiátricos?		
se sim, quais?		
Há quanto tempo cegou?		
Qual foi o seu diagnóstico?		

ANEXO 2 – CUESTIONARIO DE SUEÑO



	QUESTIONÁRIO DO SONO Laboratório de EEG/Sono, Centro de Estudos Egas Moniz, Faculdade de Medicina de Lisboa

Processo Sono Nº :	Data : / /
Sexo : Masculino <input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/>	Contactado por :
Idade :	Data de Nascimento : / /
Estado Civil : Solteiro <input type="checkbox"/> Casado <input type="checkbox"/> Viúvo <input type="checkbox"/> Divorciado <input type="checkbox"/> Outro <input type="checkbox"/>	
Residência :	
Código Postal :	Contacto :
Profissão :	Grau de Escolaridade :

INQUÉRITO DO SONO

1. Pensa que dorme bem? Se não dorme bem, será : pouco <input type="checkbox"/> demais <input type="checkbox"/> mal <input type="checkbox"/>	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
2. Tem problemas em adormecer à noite?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
3. Costuma acordar durante a: Primeira metade da noite? Segunda metade da noite? Quantas vezes (no total)? _____	Sim <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
4. Quanto tempo dorme por noite (não contando o tempo que fica acordado na cama)? _____		
5. Durante a noite quanto tempo está levantado(a) por não conseguir dormir? _____		
6. Sente dificuldade em acordar e levantar-se de manhã?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
7. Sente-se mal, apesar de dormir o suficiente?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
8. Anda excessivamente sonolento(a) durante o dia?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
9. Sente-se fatigado(a), mesmo quando não tem sono?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
10. Tem problemas no trabalho devido a : Sonolência? Fadiga?	Sim <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
11. Sente-se mais cansado(a) nalgum período particular do dia? Se sim, qual? _____	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
12. Os seus problemas com o sono costumam aparecer : Esporadicamente <input type="checkbox"/> Frequentemente <input type="checkbox"/> Continuamente <input type="checkbox"/> Periodicamente (por fases) <input type="checkbox"/>		
13. Quando era criança teve problemas relacionados com o sono (por ex: acordar durante a noite, pesadelos, medo do escuro, convulsões nocturnas, urinar na cama,...)? Se sim, quais? _____	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>



HÁBITOS DE SONO

14. Deita-se todos os dias à mesma hora?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
15. A que horas se deita geralmente : Durante a semana? _____ Aos fins de semana? _____		
16. A que horas se levanta geralmente : Durante a semana? _____ Aos fins de semana? _____		
17. Costuma estar cansado(a) quando se deita?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
18. Adormece geralmente com a luz do quarto acesa?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
19. Costuma incomodar o seu cônjuge porque : Faz barulho? Está agitado? Dá pontapés? Outros _____	Sim <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
20. Quando acorda de noite costuma ter receio de não voltar a adormecer?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>

INÍCIO DO SONO

21. Quando se deita, é frequente sentir :		
Receio de não conseguir adormecer?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Incapacidade de se mover (fica paralisado)?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Movimentos bruscos ou sacudidelas de partes do corpo?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Incapacidade em manter as pernas quietas?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Dor ou desconforto físico?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Ansiedade ou depressão?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>

PERTURBAÇÃO DO SONO

22. O seu sono costuma ser perturbado por factores alheios? (ex: calor, frio, luz, barulho, o seu cônjuge,...) Se sim, quais? _____	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
23. É frequente o sono ser perturbado por sintomas físicos? (ex: asma, tosse, azia, fome, sede, vontade de urinar,...) Se sim, quais? _____	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>

SINTOMAS NOCTURNOS

24. Durante o sono costuma :		
Ter congestão nasal?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Ressonar?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Parar de respirar?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Acordar de repente com falta de ar?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>



Ter outros problemas de respiração?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Sentir o coração bater rapidamente ou irregularmente?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Suar excessivamente?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Caminhar?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Falar?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Ranger os dentes?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Fazer movimentos bruscos ou violentos com a cabeça?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Acordar agitado e confuso?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Dar sacudidas (pontapés) com as pernas?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Ter convulsões nocturnas?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Ter dores de cabeça?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Ter dores nas costas, coluna, pernas ou braços?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Ter pesadelos?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>

DESPERTAR

25. É frequente necessitar de despertador?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
26. É-lhe fácil acordar sem despertador?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
27. Costuma andar sonolento(a) de manhã?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
28. Tem dificuldade em se levantar de manhã?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
29. Sente-se, por vezes, desorientado(a) ou confuso(a) ao acordar?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
30. Alguma vez se sentiu incapaz de se mover (paralisado(a)) quando acorda?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
31. Acontece-lhe ao acordar, parecer-lhe que ainda está a sonhar (mesmo sabendo que está acordado)?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
32. Tem tosse e expectoração após acordar?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
33. Ao acordar tem dores nos braços ou nas pernas?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
34. Costuma acordar com dores de cabeça?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
35. Acorda geralmente com a boca seca?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>

DURANTE O DIA

36. Anda sonolento(a) durante o dia?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
37. Ao longo do dia sente fadiga mesmo quando não tem sono?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
38. Nos últimos seis meses, aconteceu-lhe adormecer involuntariamente ou sentir muita sonolência, tendo de lutar contra o sono?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
39. Nos últimos seis meses já lhe aconteceu adormecer involuntariamente ou ter muita sonolência, nalguma das seguintes circunstâncias :		
às refeições?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
a conversar no trabalho?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
conversando sem ser no trabalho?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
conversando num grupo?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
a conduzir um automóvel?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>



a ver televisão?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
a ouvir rádio?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
a ler um livro?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>

40. Como classificaria a interferência dos seus problemas de sono ou fadiga no seu trabalho?
 Não interfere Interfere um pouco Interfere muito

41. Já teve acidentes por causa de sonolência ou fadiga? Sim Não
 Se sim, que tipo de acidente? _____

42. Como classificaria a sua capacidade de trabalho?

De manhã :	Boa <input type="checkbox"/>	Média <input type="checkbox"/>	Má <input type="checkbox"/>
De tarde :	Boa <input type="checkbox"/>	Média <input type="checkbox"/>	Má <input type="checkbox"/>
Ao almoço :	Boa <input type="checkbox"/>	Média <input type="checkbox"/>	Má <input type="checkbox"/>
À noite :	Boa <input type="checkbox"/>	Média <input type="checkbox"/>	Má <input type="checkbox"/>

43. Quantas vezes dormita (durante mais de 5 minutos) durante o dia? _____

44. Quantas vezes se deita durante o dia para descansar, sem tentar adormecer? _____

45. Quantas vezes tenta dormir, sem o conseguir, durante o dia? _____

46. Quanto tempo costuma durar a sua sesta ou período de descanso? _____

47. Durante o dia adormece? De manhã De tarde Ao almoço À noite

48. Sente-se bem acordado(a) e com forças restabelecidas depois de :

Uma sesta?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
Se deitar, embora sem adormecer?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>

49. Já aconteceu fazer algo complicado (ex., conduzir um automóvel para um destino errado) e não se lembrar como o fez? Sim Não

50. É frequente fazer coisas sem sentido? Sim Não

51. Já lhe disseram que, por vezes, faz coisas disparatadas (sem sentido)? Sim Não

52. Já sentiu uma sensação de fraqueza, incapacidade sem se mover, ou paralisia, nalguma situação "emocional" (ex., quando se ri ou está zangado(a))? Sim Não
 Se sim, explique o que aconteceu : _____

HÁBITOS PESSOAIS

53. Trabalha por turnos?	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>
--------------------------	------------------------------	------------------------------

54. Qual o seu horário habitual de trabalho? _____ Sim Não

55. É fumador? Sim Não
 Há quantos anos? _____
 Quantos maços fuma por dia? _____
 Quantas vezes fuma durante a noite? _____
 Quantas vezes fuma nas 2 horas antes de se deitar? _____



56. Já consumiu algum tipo de droga? Sim Não
Se sim, qual? _____

57. Quantas vezes por semana pratica desporto? _____

58. Em relação aos seu hábitos alimentares :

Quantas vezes come por dia (incluindo lanche, ceia, etc.)? _____

Come abundantemente antes de se deitar? Sim Não

Quantas vezes come durante a noite? _____

Quantas vezes come nas duas horas antes de se deitar? _____

Costuma beber :

Café? Quantas chávenas/dia? _____

Chá? Quantas chávenas/dia? _____

Bebidas alcoólicas? Que quantidade? _____

Durante o fim-de-semana, bebe : Mais? Menos? Igual?

Que tipo de bebidas? _____

Já bebeu bebidas alcoólicas para adormecer ou para acalmar os nervos? Sim Não

Já bebeu bebidas alcoólicas pouco tempo depois de acordar? Sim Não

MEDICAMENTOS

59. Presentemente toma algum medicamento :

Para dormir? Sim Não

Para se manter acordado(a)? Sim Não

60. Que outros medicamentos está a tomar? (Enumere todos)

61. Usa outros processos (ver televisão, fumar um cigarro, comer, etc.) para adormecer? Sim Não

Se sim, quais? _____

62. Já consultou algum médico por problemas relacionados com o sono? Sim Não

Se sim, qual a especialidade desse médico? _____

OUTROS

63. Se considera que o seu comportamento sono/vigília não foi adequadamente coberto pelas razões anteriores descreva-o brevemente e refira outros factores que considere importantes, e que ainda não tenham sido abordados : _____

ANEXO 4 – TEST PSICOLÓGICO | SCL 90

	<p>Teste Psicológico SLC 90 Laboratório de EEG/Sono, Centro de Estudos Egas Moniz, Faculdade de Medicina de Lisboa</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Processo Sono Nº :	Data : / /
Sexo : Masculino <input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/>	Contactado por :
Idade :	Data de Nascimento : / /
Estado Civil : Solteiro <input type="checkbox"/> Casado <input type="checkbox"/> Viúvo <input type="checkbox"/> Divorciado <input type="checkbox"/> Outro <input type="checkbox"/>	
Residência :	
Código Postal :	Contacto :
Profissão :	Grau de Escolaridade :

Teste Psicológico SLC 90

Instruções: Leia atentamente cada frase, decida qual das respostas se aplica a si (referente aos últimos quinze dias) e então marque o espaço respectivo.

Nota: 0=Nunca; 1=Raramente; 2=Às vezes; 3=Freqüentemente; 4=Muito

	0	1	2	3	4
1. Dores de cabeça					
2. Nervosismo ou agitação interior					
3. Pensamentos, palavras ou ideias indesejáveis que não o largam					
4. Tonturas ou desmaios					
5. Perda do interesse ou do prazer sexual					
6. Sentir-se criticado pelos outros					
7. Ideia que alguém pode controlar os seus pensamentos					
8. Sentir que os outros são culpados da maior parte das suas perturbações					
9. Dificuldade em lembrar coisas					

10. Preocupações acerca de estar desmazelado ou negligente					
11. Sentir-se facilmente aborrecido ou irritado					
12. Dores no coração ou no peito					
13. Sentir medo nos espaços abertos ou nas ruas					
14. Sentir pouca energia ou sentir-se vagaroso					
15. Pensamentos de acabar com a vida					
16. Ouvir vozes que outras pessoas não ouvem					
17. Tremores					
18. Sentir que não pode confiar na maior parte das pessoas					
19. Pouco apetite					
20. Chorar facilmente					
21. Sentir-se envergonhado ou inquieto com o sexo oposto					
22. Sensação de ter sido apanhado numa ratoeira					
23. Assustar-se subitamente, sem razão					
24. Ter explosões emocionais que não consegue controlar					
25. Medo de sair de casa sozinho					
26. Culpar-se de coisas					
27. Dores de lumbago					
28. Sentir-se bloqueado para fazer coisas					
29. Sentir-se solitário					
30. Sentir-se melancólico					
31. Aborrecer-se demasiado com as coisas					
32. Não sentir interesse nas coisas					
33. Sentir-se cheio de medo					
34. Ficar ferido nos seus sentimentos					
35. As outras pessoas tornarem-se sabedoras dos seus pensamentos íntimos					
36. Sentir que os outros não o compreendem ou são antipáticos					
37. Sentir que as pessoas não são amigas ou não gostam de si					
38. Ter que fazer as coisas lentamente para que saiam perfeitas					
39. Sentir o coração a bater ou a galope					
40. Náuseas ou indisposição do estomago					
41. Sentir-se inferior aos outros					

42. Dores nos músculos					
43. Sentir-se vigiado ou sentir que os outros falam de si					
44. Dificuldade em adormecer					
45. ter que verificar e tornar a verificar tudo o que faz					
46. Dificuldade em tomar decisões					
47. Sentir medo em viajar nos autocarros, metro ou comboios					
48. Dificuldade em respirar					
49. Crises de calor ou frio					
50. Ter que evitar certas coisas, lugares ou actividades, porque elas o assustam					
51. Fazer-se um vazio no seu espírito					
52. Sentir formigueiros ou partes do seu corpo entorpecidas					
53. Sentir um nó na garganta					
54. Sentir-se sem esperança para o futuro					
55. Dificuldade em se concentrar					
56. Sentir fraqueza em partes do seu corpo					
57. Sentir-se tenso ou ansioso					
58. Sentir os braços e as pernas pesadas					
59. Pensamentos de morte ou de morrer					
60. Comer demais					
61. Sentir-se inquieto quando as pessoas o observam ou falam de si					
62. Ter pensamentos que não são seus					
63. Ter vontade de bater, injuriar ou prejudicar alguém					
64. Acordar cedo					
65. Ter que repetir as mesmas acções como tocar, contar ou lavar					
66. Sono inquieto ou perturbado					
67. Ter vontade de partir ou esmagar coisas					
68. Ter ideias ou crenças que os outros não partilham					
69. Ser muito escrupuloso com os outros					
70. Sentir-se inquieto no meio da multidão, tal como nas compras ou no					
71. Sentir tudo como um esforço					
72. Momentos de terror ou de pânico					

73. Sentir-se desconfortável quando come ou bebe em público					
74. Ter necessidade de se justificar					
75. Sentir-se nervoso quando o deixam sozinho					
76. Os outros não darem o apreço devido aquilo que faz					
77. Sentir-se só mesmo quando acompanhado					
78. Sentir-se tão inquieto que não pode ficar parado					
79. Sentir-se sem valor ou indigno					
80. Sentir que as coisas familiares são estranhas ou irreais					
81. Gritar ou atirar coisas					
82. Ter medo de poder desmaiar em público					
83. Sentir que as pessoas podem aproveitar-se de si, se as deixar					
84. Ter pensamentos acerca de sexo que o aborrecem bastante					
85. Ideia que deve ser castigado pelos seus pecados					
86. Ter a sensação de ser forçado a fazer coisas					
87. Ideia que qualquer coisa está mal no seu corpo					
88. Nunca se sentir próximo das outras pessoas					
89. Sentimentos de culpa					
90. Ideia que qualquer coisa está errada no seu espírito					

ANEXO 5 – CUESTIONARIO PSQI

	PSQI Pittsburgh Sleep Quality Index	<i>Buysse et al. (1989)</i>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	-----------------------------

Código ID :	Data : / /
Nome Próprio :	Sexo : Masculino <input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/>
Idade :	Data de Nascimento : / /

Instruções : As seguintes questões relacionam-se com os seus hábitos de sono apenas no último mês. As suas respostas devem indicar a opção mais correcta para a maioria dos dias e das noites do último mês. Por favor responda a todas as questões.

Durante o último mês,

1. A que horas foi normalmente para a cama no último mês? _____
2. Quanto tempo, em minutos, demorou a adormecer por noite? _____
3. A que horas normalmente se levantou de manhã? _____
4. Quantas horas realmente dormiu por noite? (Isto pode ser diferente do número de horas que passou na cama) _____

	Nunca durante o último mês	Menos do que uma vez por semana	Uma a duas vezes por semana	Três ou mais vezes por semana
5. Durante o último mês, quantas vezes teve dificuldade em dormir porque...				
a. Não conseguiu dormir em 30 minutos	0	1	2	3
b. Acordou a meio da noite ou de manhã muito cedo	0	1	2	3
c. Teve de se levantar para ir à casa de banho	0	1	2	3
d. Não conseguiu respirar confortavelmente	0	1	2	3
e. Tossiu ou ressonou alto	0	1	2	3
f. Teve muito frio	0	1	2	3
g. Teve muito calor	0	1	2	3
h. Teve pesadelos	0	1	2	3
i. Teve dores	0	1	2	3
j. Outras razões (descreva) :	0	1	2	3
6. Durante o último mês, quantas vezes tomou medicamentos (prescritos por médico ou não) para o ajudar a dormir?	0	1	2	3
7. Durante o último mês, quantas vezes teve dificuldade em manter-se acordado enquanto conduzia, durante as refeições ou em actividades sociais?	0	1	2	3
8. Durante o último mês, quantas vezes teve dificuldade em manter o entusiasmo na realização das suas tarefas?	0	1	2	3
	Muito bom	Razoavelmente bom	Razoavelmente mau	Muito mau
9. Durante o último mês, como avaliaria no geral a qualidade do seu sono?	0	1	2	3

ANEXO 6 – CUESTIONARIO ESS



	ESS <i>Epsworth Sleepness Scale</i>	<i>Johns, M. W. (1991)</i>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------	----------------------------

Código ID :	Data : / /
Nome Próprio :	Sexo : Masculino <input type="checkbox"/> Feminino <input type="checkbox"/>
Idade :	Data de Nascimento : / /

Com que frequência costuma dormir ou adormecer nas situações que são apresentadas a seguir, em contraste com uma simples sensação de cansaço? Estas situações referem-se ao seu modo de vida habitual nas últimas semanas.

Ainda que não tenha passado por nenhuma destas situações, tente avaliar como poderiam tê-lo(a) afectado.

(Utilize a escala seguinte para escolher o número mais apropriado para cada uma das situações):

Círculo em 0 - **Nenhuma** probabilidade em dormir.

Círculo em 1 - **Pequena** probabilidade em dormir.

Círculo em 2 - **Moderada** probabilidade em dormir.

Círculo em 3 - **Alta** probabilidade em dormir.

SITUAÇÃO				
1. Sentado(a) e a lêr	0	1	2	3
2. A ver televisão	0	1	2	3
3. Sentado(a), inactivo(a) em lugares públicos (ex: no teatro, numa conferência)	0	1	2	3
4. Como passageiro num carro, autocarro ou comboio numa viagem com mais de 1 hora	0	1	2	3
5. Deitando-se para descansar à tarde, quando as circunstâncias o permitem	0	1	2	3
6. Sentado(a) e a conversar com alguém	0	1	2	3
7. Sentado(a) calmamente depois de um almoço sem ter bebido nenhuma bebida alcoólica	0	1	2	3
8. No carro enquanto se encontra parado no trânsito por alguns minutos	0	1	2	3

ANEXO 7 – CONSENTIMIENTO INFORMADO DE LOS VOLUNTARIOS



LABORATÓRIO EEG/SONO

CONSENTIMENTO INFORMADO, LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM INVESTIGAÇÃO

[Este documento destina-se a ser adaptado a cada caso concreto e os elementos e sugestões nele contidos não esgotam os termos e possibilidades que cada investigador/a que queira utilizar para o tornar mais claro. O documento utilizado representará uma forma de compromisso entre o investigador/a e o/s participante/s, o investigador/a guarda-o para provar que pediu e obteve consentimento perante eventuais auditorias; o/a participante guarda-o para reler, revogar se assim o entender ou reclamar se verificar eventual incumprimento do garantido. A linguagem a utilizar deverá ser tão simples quanto possível, livre de termos técnicos (exceto quando os participantes forem profissionais de saúde) e globalmente adequada à literacia dos participantes a recrutar. Não esquecer de apagar, quando fizer o seu documento, todos os textos/frases entre parêntesis retos.]



LABORATÓRIO EEG/SONO

CONSENTIMENTO INFORMADO, LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM INVESTIGAÇÃO

Por favor, leia com atenção a seguinte informação. Se achar que algo está incorreto ou não está claro, não hesite em solicitar mais informações. Se concorda com a proposta que lhe foi feita, queira assinar este documento.

- Elementos a constar
- Identificação do Projeto/Estudo
- Justificação/racional do estudo
- Informação sobre os objetivos
- Informação sobre os métodos/procedimentos utilizados (Os três primeiros itens poderão constar de um folheto informativo associado ao projeto redigido de forma explícita e acessível a qualquer indivíduo)
- Informação sobre a duração previsível do estudo
- Informação sobre eventual aleatorização
- Informação sobre utilização de placebo (se aplicável)
- Informação sobre riscos/benefícios/desconforto do estudo (quando o estudo tiver riscos, informação sobre o que o participante deve fazer)
- Explicação que a participação é voluntária
- Explicação que pode desistir em qualquer altura, sem consequências
- Garantia da confidencialidade dos dados ou do anonimato.
- Explicação do que acontecerá aos dados/produtos recolhidos (Por exemplo, Compreendo que os dados recolhidos durante o estudo possam ser do conhecimento dos membros da equipa de investigação, sempre que necessário para o estudo. Autorizo que os membros da equipa tenham acesso a esses dados.)
- Informação sobre a utilização/divulgação dos resultados (Por exemplo: Compreendo que, caso esta investigação venha a ser publicada, todos os dados serão mantidos anónimos e nenhuma informação será identificável como sendo minha.)
- Disponibilidade para fornecer toda a informação que o participante considere necessária
- Garantia que o eventual participante teve tempo para refletir sobre a sua participação/não participação (Por exemplo: Foi-me dada a oportunidade de ler e considerar a informação apresentada, e fazer perguntas, as quais foram respondidas de forma satisfatória.)
- Informação de que o estudo obteve parecer favorável do Conselho de Ética



LABORATÓRIO EEG/SONO

- Informação sobre eventuais mecanismos de compensação, no caso de envolver riscos (sempre que aplicável, informação da contratação pelo Promotor/Investigador de seguro de Responsabilidade Civil de acordo com o art. 15º da Lei 21/2014 de 16 de abril)
- Informação sobre compensação/reembolso aos participantes de todas as despesas incorridas pela sua participação no estudo. (Por exemplo: Declaro que participo neste estudo sem qualquer contrapartida, para além do ressarcimento das despesas em que tiver incorrido.)
- Informação que poderá ter acesso aos resultados do Projeto/Estudo caso o deseje (Por exemplo: Gostaria que me fosse enviado o relatório final do estudo. Gostaria de ser contactado para o endereço acima acerca de sessões ou estudos adicionais relacionados com este estudo.)
- O estudo só deverá envolver informação estritamente necessária em função dos objetivos específicos. Caso envolva entrevista deverá ser justificada a necessidade de recolha de informação em áudio e/ou imagem.
- Informação de contacto da comissão de ética (por exemplo: Quaisquer questões sobre os seus direitos e deveres como participante, no contexto deste estudo clínico, podem ser endereçadas à seguinte entidade independente, que apreciou e emitiu parecer favorável para este estudo clínico: Conselho de Ética...).
- Outra informação que considere pertinente.
- Agradecimentos (agradecimentos e identificação do/a investigador/a – nome, profissão, local de trabalho, contacto telefónico, endereço eletrónico – e da pessoa que pede o consentimento, se for diferente)



LABORATÓRIO EEG/SONO

Testemunha imparcial em caso do participante não souber ler nem escrever

Nome:

BI/CC Nº: Data ou Validade /.... /.....

Assinatura

²Considerar as seguintes opções:

- Se for menor, deverá haver espaço para assinatura, eventualmente dos 2 progenitores/representante legal. Em função do risco do estudo, cabe à CE decidir sobre a necessidade de os 2 progenitores autorizarem).
- Se o menor tiver 16 ou 17 anos, deverá assinar ele próprio bem como os seus progenitores/representantes legais;
- Sempre que o menor tiver idade ≥ 5 anos e < 6 anos, deve haver dois modelos, nomeadamente para a obtenção de assentimento informado do participante (adaptado à idade, por exemplo 5-11 e 12-15) e para a obtenção de consentimento informado dos pais/representantes legais.

ESTE DOCUMENTO É COMPOSTO DE [...] PÁGINA/S E É FEITO EM DUPLICADO:
UMA VIA PARA O/A INVESTIGADOR/A, OUTRA PARA A PESSOA QUE CONSENTE.

[corrigir singular ou plural, corrigir género]

ANEXO 8 – EJEMPLO DE CLASIFICACIÓN DE RELATOS ONÍRICOS

"No me acuerdo de lo que estaba pensando (P). Bien, pero ya me acuerdo de alguna cosa, me acuerdo de que he pensado (P) en una situación en la que yo estaba en Italia y estaba en un almuerzo (F) por encima del río Po, y logro imaginar (S) exactamente cómo las cosas se estaban pasando, el almuerzo en concreto, el plato (S) con aquellas pastas, aquellas cosas italianas que ellos allí comen. Y el día, como estaba, un día no mucho... no estaba lloviendo, pero estaba un poco grisáceo (S), ... así... un día encubierto, un cielo encubierto. Es básicamente lo que recuerdo. Y puedo imaginar (S) los varios platos, dos platos que hemos cosechado (F), la gente... en fin todo eso".

Total de Palabras (TP)	Actividades	Totales
114	F = 2	GAI = 7,0 % VAI = 3,5 %
	M = 0	
	L = 0	
	V = 0	
	E = 0	
	S = 4	
	A = 0	
	P = 2	

ANEXO 9 – ALGUNOS RELATOS ONÍRICOS DE CIEGOS

"[...] y luego estaba pensando en unos barquitos que había en la Expo cuando yo estuve, ya no recuerdo en qué país era, que era así un tronco de madera... eran excavados por dentro, por un lado y quedaba solo, era como si fuera un tubo agrietado al medio y luego se quitaba aún la parte, el contenido de uno de los lados y entonces la parte exterior quedaba así una especie de media luna larga, ¿no es ?, donde las personas podían ponerse por encima y me parece que era muy rápido porque era muy fino y daba para hacer algo, daba a una persona ponerse encima de aquello y andar muy velozmente..."

"Bueno yo sé que, que estaba soñando con cualquier cosa pero lo retengo de una forma muy, muy vaga... sé que tenía que ver con el lugar de trabajo, con conversaciones con las personas, supongo que tiene que ver, supongo no, sé que tiene que ver con el almuerzo de mis compañeros..., no logro a imaginar el espacio, no sé exactamente cómo era el espacio donde estaba, sólo retengo que se hablaba de esa situación del almuerzo,... la gente se preparaba para ir a almorzar pero no puedo ver dónde estaban, donde no estaban, etc. etc. Puedo reconocer sólo a una persona, pero tengo la noción de que existían más personas en este sueño, pero con una imagen más, más fuerte, en relación a una persona. Es solo, sólo la situación de las personas para almorzar y las conversaciones que se generan, pero todo, todo, es muy poco claro, no puedo tener muchos detalles. No puedo ver los detalles de la situación. No obstante, consigo, puedo recordar la voz de esa persona y por ello que sé quién es esa persona. De la voz, de la altura, ... de la altura porque estoy prácticamente frente a esa persona, y no puedo recordarme así de mucho más. No puedo ver bien donde estoy, no sé en qué sala es, no sé muy bien qué es lo que está a mi alrededor. Por lo tanto, la imagen que retengo es eso, la voz de la persona y la altura de ella, la persona está de pie y es eso"

"Me desperté con la alarma y estaba empezando un sueño con caracoles. Caracoles de comer, bichitos. Pero tal vez por ser el principio no tengo mucha descripción acerca del sueño. Ah, me acordé. Estaba en la casa de mi novio, recuerdo que me fue a buscar no sé adónde, fue a tener conmigo no sé adónde, y luego yo tenía estos hilos todos en el cabello y fui bajando por la calle con estos hilos todos, fui a su casa, estaba allí su hermana con el novio y el exnovio, estaban todos y había caracoles y como sabían que a mí me gustan los caracoles querían que los comiera, pero estaba muy aburrida con todos estos hilos en la cabeza y no he querido comer caracoles."

“Me desperté espontáneamente y tengo una sensación de que estaba soñando que me desplazaba en el campo de bicicleta por una carretera. Había verdura, cosas muy verdes, había árboles y yo iba en bicicleta. No tengo idea de nada especial. Sólo que era un paisaje muy bonito y a lo lejos había unas montañas”.

“Estoy hablando sobre música del renacimiento, sobre música coral del renacimiento y mi interlocutor no tiene una opinión muy favorable a respecto, comparando con la música de la Edad Media. Hablo de algunos compositores que no conoce y sigue ignorando una serie de compositores que voy a referir hasta que lo acuso, entre comillas, de efectivamente no conocer la música del renacimiento. Después de hablamos del papel del laúd, no sé bien cómo, pero alguien está tocando laúd en una especie de jardín que tiene unos muros irregulares. Yo veo el brazo del laúd, más lejos o más cerca, como si lograra hacer una especie de zoom del brazo y reconozco perfectamente los movimientos de los dedos porque conozco aquellas músicas a partir de partituras de la época.”

“estoy en una pendiente en una montaña y estoy bajando, lo que es peligroso, tiene zonas muy inclinadas y la persona que viene conmigo tiene, intenta ayudar, pero solo diciendo para ir más a la izquierda más a la derecha. Es un sitio de donde se ve el mar y allá abajo hay una serie de trallas, chirimbolos, y ruedas dentadas y esas ruedas dentadas se mueven de vez en cuando con el viento y de repente se quedan en una especie de plano vertical rojo, un rojo bastante intenso y yo estoy con alguien, pero no recuerdo si es la misma persona que estaba en la barranca y hablamos de las ruedas dentadas.”

“Estoy en una casa con varios corredores, son pequeños, son muy angulosos y hay mucho viento en algunos de estos pasillos y estoy hablando para una especie de móvil y estaba diciendo varias cosas, ah, y voy caminando por los corredores e intentando no coger esas enormes ráfagas de viento, escondiéndome en otros corredores perpendiculares a de donde viene el viento y yo recuerdo que fui diciendo cosas de que no me estoy a recordar, pero recuerdo decir que esto es inconcebible, que es una casa donde sólo viene el viento de esta manera y que era una cosa tipo un cuadro de Magritte. Fuera de la casa estaba un molino y me acuerdo que las aspas giraban muy rápido debido al viento fuerte”.

“Recuerdo que estaba soñando con una charla con dos amigas, no sé bien dónde, no puedo identificar el espacio, aunque a ellas las identifico, sé perfectamente quien eran. Tampoco me acuerdo de la orden del sueño, del porqué de esa orden, del porqué de estar hablando de aquello en aquel momento, ... sólo recuerdo que estábamos hablando de la cognición visual probablemente porque el examen se acerca. No sé... Me recuerdo perfectamente de ellas, un hecho curioso y esto es normal en mí es que normalmente en mis varios sueños no identifico claramente los

detalles de la cara de las personas, pero reconozco los detalles propios de cada persona: altura, peso... y además también un color específico, un color fijo para la ropa, por ejemplo. Por ejemplo, estas dos amigas una de ellas es rosa y la otra es blanca".

"Una de las cosas que soñé, recuerdo que había una mujer que se dirigió a mí, ella tenía, pues... lo he visto en los brazos, porque soy muy curiosa, y ella tenía muchas pulseras. Le quité las pulseras y ella venía a hacer un negocio con mi asociación. Por lo tanto, ella, ... era así un negocio, ... yo le daba no sé qué, que ya no recuerdo o compraba cualquier cosa y la asociación le daba cualquier cosa y ella nos daba cualquier cosa que ahora ya no me recuerdo.

"Me recuerdo así de varias escenas, así sueltas, no me acuerdo de mucho más. Me acuerdo de la casa de mi novio, recuerdo la calle, que estaba en la calle, que estaba así en una calle así con muchos coches, con ... así en una calle, así en el paseo, y andaba por allí, después me senté, me recuerdo por ejemplo en esa parte que soñé que fue allí una mujer, que estaba allí mi novio, creo que fue eso, recuerdo... me parece que eso fue en su casa y por lo tanto los padres estaban o estaba solo uno? y los padres se habían ido, hacer no sé qué, y creo que ellos después aparecieron, porque creo haber escuchado, después, ellos a llegar, el ascensor y ellos a llegar... Me acuerdo de estar en la casa de mi hermana, yo estaba en una cama, sentada; después veía a mi hermana también. También no sé si ya estaba acostada si no, después estaba allí mi madre, eso es. En casa de mi hermana, estaba en el comedor, pues... no sé muy bien si estaba en el comedor, si estaba en la habitación porque estaba en un sitio rectangular. Creo que estaba yo y mi hermana, creo que estaba en la sala, así que estaba mi madre sentada y mi hermana estaba acostada al cuello de ella en el sofá.

"Soñé con caballos. Soñé que íbamos a vender dos casetes importantes a una mujer y ella nos daba caballos, era así algo un poco extraño. La señora era italiana por lo que hablaba italiano y tenía una voz parecida a la de lo Apoloni aquella, aquella actriz que ya entró en varias novelas.

A continuación, soñé que había participado en la escena de una novela y que estaba un hombre hablando, uno de los actores, yo ahora no recuerdo su nombre, a hablar, a hablar no era conmigo, pero es decir me veía en una novela... ya no sé si estaba en la escena de una novela o si estaba viendo la novela en la casa de mi hermana, no tengo bien la certeza, pero creo que me pareció estar cerca de ese señor que estaba hablando, de ese actor".

"Tuve un sueño muy tonto. Un sueño que tenía que ver con las estaciones del año. Tenía que ver con una canción y cuando era verano, la versión de la música era

una, cuando pasaba al frío, al invierno, o para otras estaciones (allá en el sueño no hubo distinción) había una música, y la versión de la música era diferente. La música era igual pero la versión era diferente.

Entonces era así: en el invierno aquello... bueno, estaba como estaba y después en la primavera, se veían los apareamientos. En una parte del sueño imaginé... de hecho vi un animal que se llamaba Bobby Brown, que era un cantante de música que... Me dijeran que fue el cantante Bobby Brown que... como había embarazado, había sido el responsable por la reproducción de las estaciones, por lo tanto, él embarazaba todo, ¿verdad? las hembras todas y después nos veíamos a nosotros extendidos en la arena, y se veía la arena explotando, así incluso un ruido como si fuera una planta brotando de la arena..., pero se veía todo, incluso si el ruido.

Era la primavera llegando, así que la versión de la música cambiaba de inmediato. No era para la primavera era para el verano. Para la primavera o para el verano ya no sé muy bien... sé que una vez que eso había sucedido una primera vez, eso tendría eso que suceder todos los años.

Entonces todos los años ese tal Bobby Brown era, era responsable por, por el surgimiento de esas estaciones porque él, él había sido el patriarca, él había embarazado todas, todas las hembras todas, las plantas no sé... y después aquello, pasado un tiempo explotaba y era la primavera; la playa explotaba y era la primavera. Y llegaban barcos y delfines a la playa.

La primavera, el verano, después había calor, después reaparecía la tal versión de la música diferente, por lo tanto, de la primavera. No recuerdo cuál era la versión de la música, solo sé que la gente asistía a la llegada de la estación con la rotura de las arenas.

Luego soñé otra cosa que tenía un poco que ver con aquella. Yo me había levantado, yo y mi hermana. Nos habíamos levantado y habíamos ido... mis padres se habían quedado en Fernão Ferro. Yo fui para su casa y después le dice que me había olvidado de unas nuevas pilas que estaban allá en Fernão Ferro y ella me dijo pues te olvidas siempre de las cosas, me dijo ella, y yo le dice sí, pero puedo ir a pedirle a nuestra madre, pido a mama que después traiga las pilas. Dejé allí las pilas, dejé allí las otras cosas todas y Rita a rallarme porque me olvidaba siempre de las cosas, que no sé qué y yo le dice aquello. Por lo tanto, tenía algo que ver con eso porqué habíamos salido de allá de Fernão Ferro; y Fernão Ferro en ese tiempo era... hubo algo que metió agua, metió una escena con agua, metió una escena, parecía que Fernão Ferro era aquel terreno antiguo. Ahora mi casa tiene, tiene el terreno con piedra y no sé qué... antiguamente no tenía, estaba separado... no había... era como si aquella parte de piedra que ahora está cubierta con piedra fuera sólo tierra en bruto como era antiguamente en Fernão Ferro antes de que la casa comenar o estar siendo construida... fue siendo construida y se fue preparando la caminera, llamada la parte de fuera de la casa, del terreno...

Y entonces era como si la casa en Fernão Ferro fuese en Fernão Ferro, luego saliendo a la calle tenía un terreno amplio... mi casa en Fernão Ferro es, es así, la caminera es de piedra, nosotros caminamos, pero al lado izquierdo tiene un escalón para bajar a la tierra y allí no lo tenía.

En mi sueño era así: la casa estaba justo frente a un sitio, a un terreno muy amplio. Lo menciono aquí porque es parecido con... tengo un vecino que tiene una quinta y por lo tanto ese terreno es parecido. Se sube para entrar dentro de casa. También es así tipo corredor, pero es así más amplio porque la casa, la parte que miramos, la parte que se ve cuando entramos está justo en frente como la mía, pero parece que, es más, un bocadito más ancha y entonces todo estaba muy raro en el sueño. En el sueño, el terreno estaba, mi terreno, la casa estaba dentro del terreno, amplio y después en frente tenía una rampa y se entraba hacía dentro de casa. Pero es divertido porque en el sueño la casa estaba muy bien, totalmente lista. No estaba tan en bruto como en realidad. Por lo menos fue lo que me pareció en el sueño porque no, no logré a verla bien en el sueño. En el sueño no supo, no logré ver ese detalle.

También debo decir que yo, allá, en el propio sueño, cuando ese tal Bobby Brown embarazaba a las hembras para salir a la primavera, me lo decía y entonces yo estaba allí en la playa y entonces imaginaba, dentro del propio sueño yo imaginaba, lo veía de verdad, teniendo relaciones con las hembras y, y... su pene resbalaba por ellas, por su vagina y luego las embarazaba. Yo incluso imaginaba la respiración que el animal hacía porque... cuando se está reproduciendo, cuando se está teniendo relaciones se hace ese ruido. Y es divertido porque ese animal igual que tenía voz de un hombre, la respiración de un hombre, como tenía la respiración de un animal, hasta imaginé, llegué a imaginar a la hembra también respirando así porque estaba teniendo relaciones para explotar, para poder explotar la primavera.”

“Estaba soñando con unas vacaciones o un fin de semana... ya no me acuerdo... Cuando salimos de casa estaba mucho calor y el cielo tenía un color azul muy fuerte. Me dolían los ojos porque la luz era muy intensa. Pedí las gafas de sol a mi madre..., a mi hermana. No sé si era mi madre o mi hermana. Después en el coche mi madre me ha dicho que yo no podía conducir porque no tenía permiso de conducción. Pero en el sueño yo estaba conduciendo muy bien... No me acuerdo de ver más coches en la carretera, pero mi padre siempre me decía despacio, despacio que vas muy rápido... ahora me acordé que el coche era descapotable y mi hermana estaba preocupada con su peinado...

A continuación, ya estaba en la playa. No sé cómo llegué ahí. Y estaba sola. Ni mi madre, ni mi padre, ni mi hermana. Sé que estaba extendida y tenía los ojos cerrados. Oí pájaros y abrí los ojos. A mi lado estaban niños jugando y en el agua un barco pequeño de aquellos con una vela. Estaba mucho calor. Sé que la playa

HELDER BÉRTOLO

no era en Portugal porque tenía arboles como... como... palmeras... con hojas muy verdes... estaba muy feliz y me iba a bañar cuando sonó el despertador”.