
TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción.....	8
1.1	Objetivos	9
1.1.1	Objetivo General	9
1.1.2	Objetivos específicos.....	9
1.2	Alcances.....	9
1.3	Estructura de la memoria	10
2	Antecedentes	11
2.1	Las emociones y sus respuestas fisiológicas.....	11
2.1.1	Caracterización bidimensional de las emociones	11
2.1.2	Respuestas fisiológicas en el procesamiento emocional.....	13
2.2	Neurobiología de las emociones	13
2.2.1	Hipotálamo	14
2.2.2	Amígdala	14
2.2.3	Corteza prefrontal.....	15
2.2.4	Caracterización hemisférica.....	16
2.3	La electroencefalografía y el registro de actividad bioeléctrica	17
2.3.1	Las neuronas y la generación de potenciales	17
2.3.2	Electroencefalografía.....	18
2.3.3	Potenciales relacionados a un evento	19
2.3.4	Ventajas y desventajas de la electroencefalografía.....	21
2.4	Estado del arte de la caracterización de emociones en EEG.....	22
2.5	Métodos usados en este trabajo para el procesamiento de señales y extracción de características	24
2.5.1	Filtros de frecuencia.....	24
2.5.2	Análisis de componentes independientes	25
2.5.3	Clasificación y aprendizaje supervisado	26
2.5.4	Máquinas de soporte vectorial	28
2.5.5	Random Forests	32
3	Metodología	35
3.1	Adquisición de los datos	35
3.2	Pre-procesamiento	37

3.3	Detección y reparación de canales defectuosos	38
3.4	Detección y extracción de artefactos oculares	41
3.5	Extracción de épocas y promediación	43
3.6	Extracción de bandas de frecuencia	44
3.7	Selección de características	45
3.8	Prueba de los modelos construidos	48
4	Resultados	49
4.1	Extracción de características	49
4.1.1	Banda delta	49
4.1.2	Banda theta	50
4.1.3	Banda alfa	50
4.1.4	Banda beta	52
4.1.5	Banda gamma	53
4.2	Selección de características y separabilidad en el conjunto de prueba 53	
4.2.1	Selección de las mejores características en base al conjunto de entrenamiento	53
4.3	Construcción de modelos de clasificación de emociones.....	56
4.3.1	Modelos basados en máquinas de soporte vectorial.....	57
4.3.2	Modelo basado en Random Forests	58
5	Discusión	61
5.1	Base de datos	61
5.1.1	Sujetos disponibles	61
5.1.2	Definición de estados emocionales	61
5.2	Metodología propuesta	62
5.2.1	Electroencefalografía.....	62
5.2.2	Pre-procesamiento.....	63
5.2.3	Selección de características.....	63
5.2.4	Construcción de modelos predictivos.....	64
5.3	Resultados obtenidos	67
6	Conclusiones	70
7	Bibliografía.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valencia y excitación.	12
Figura 2. Escala SAM.....	12
Figura 3. Sistema límbico.	13
Figura 4. Polarización de una neurona.	18
Figura 5. Distribución y etiquetado de electrodos.....	19
Figura 6. Potencial relacionado a un evento (ERP).	20
Figura 7. Potencial evocado visual.	20
Figura 8. Lóbulos del cerebro.	23
Figura 9. Ejemplo de filtro pasa banda.	25
Figura 10. Clasificación binaria con SVM	28
Figura 11. Transformación del espacio original a uno de atributos donde las muestras sean linealmente separable.....	31
Figura 12. Ejemplo de un árbol de decisión para clasificar frutas.	33
Figura 13. Sistema de electroencefalografía Biosemi.	35
Figura 14. Valores de valencia y excitación para las imágenes utilizadas....	36
Figura 15. Procedimiento experimental de estimulación visual.....	36
Figura 16. Banda de paso del filtro utilizado (1-40 Hz).	37
Figura 17. Efecto del re-referenciado de los canales.....	38
Figura 18. Ejemplo de canales defectuosos.	39
Figura 19. Densidad de probabilidad de un ensayo.....	40
Figura 20. Componente obtenida a través de ICA que contiene artefactos oculares	41
Figura 21. Espectro de potencia de una componente con artefactos no oculares (A) y una componente con artefactos oculares (B).....	42
Figura 22. Reconstrucción del canal FP ₁ sin componentes oculares.....	42
Figura 23. Potencial evocado visual en el canal O ₁	43
Figura 24. Efecto de normalizar un potencial evocado visual	44
Figura 25. Bandas de frecuencia de una señal	45
Figura 26. Ejemplo de las entradas usadas a través del tiempo para el SVM en la banda alfa baja	46
Figura 27. Precisión obtenida a través del tiempo después de la presentación del estímulo	47
Figura 28. Modelo promedio para estimar la relevancia de los canales en la clasificación.	47
Figura 29. Modelo promedio de la relevancia en la clasificación de cada canal.	51
Figura 30. P-valor de las características con mayor separabilidad entre emociones positivas y negativas en el conjunto de entrenamiento.	54
Figura 31. P-valor de las características con mayor separabilidad entre emociones positivas y neutrales en el conjunto de entrenamiento.....	55

Figura 32. P-valor de las características con mayor separabilidad entre emociones positivas y negativas en el conjunto de entrenamiento. 56

Figura 33. Disimilitudes de latencia en la banda alfa baja ante estímulos visuales positivos en el canal Pz. 66

Figura 34. Disimilitudes en los ERP de la banda alfa baja ante estímulos visuales negativos en el canal PO₄. 67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Bandas de frecuencia.....	44
Tabla 2. Características de la banda delta.....	50
Tabla 3. Características de la banda theta.....	50
Tabla 4. Características de la banda alfa.....	51
Tabla 5. Características de la banda beta.....	52
Tabla 6. Características de la banda gamma.....	53
Tabla 7. Precisión obtenida para distintos modelos de SVM en los tres sujetos de prueba.....	57
Tabla 8. Principales características usadas en SVM lineal para distinguir tres estados emocionales.....	58
Tabla 9. Precisión obtenida utilizando bosques aleatorios.....	59
Tabla 10. Principales características usadas en RF para distinguir tres estados emocionales.....	59
Tabla 11. Principales características usadas en RF para distinguir entre emociones positivas y negativas.....	60
Tabla 12. Rango de valencia y excitación de los estados emocionales.....	62