

# **Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente**

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1976.

Departamento de Psicología, Educación y Salud  
**Doctorado en Investigación Psicológica**



RELACIÓN ENTRE FUNCIONES EJECUTIVAS, INDICADORES DE  
SALUD Y ACTIVIDAD ELÉCTRICA CEREBRAL EN ADULTOS DE  
MEDIANA EDAD

---

TESIS que para obtener el GRADO de

**DOCTOR EN INVESTIGACIÓN PSICOLÓGICA**

Presenta: **FERNANDO ALCARAZ MENDOZA**

Director **DR. EVERARDO JOSÉ FERNANDO CAMACHO GUTIÉRREZ**

Asesores **DRA. CLAUDIA VEGA MICHEL, DR. EMMANUEL PROCYK, DR. LUIS MIGUEL SÁNCHEZ  
LOYO Y DR. LUIS HERNANDO SILVA CASTILLO**

Tlaquepaque, Jalisco. 12 de diciembre de 2023

*Para mi esposa Karen y mis hijos Olive y Linus*

*Gracias por dar sentido a esta vida*

## **Agradecimientos**

A mi tutor, Dr. Everardo Camacho Gutiérrez por haber sido una guía y una inspiración en mi desarrollo profesional desde hace más de dos décadas; a mis asesores: Dra. Claudia Vega Michel por siempre estar ahí y por dar orden al caos, Dr. Emmanuel Procyk por su tiempo y atención totalmente altruista, al Dr. Luis Hernando Silva Castillo por comenzar a aportar a este trabajo de manera desinteresada desde mucho antes que hubiese un compromiso formal y al Dr. Luis Miguel Sánchez Loyo por su orientación generosa y flexible; a todos los que aportaron desde sus respectivas fortalezas en el desarrollo de este proyecto: Diana de la Vega Valdés, Angélica Gutiérrez Cisneros, Andrés Azanza Guitrón, Jorge Carlos Hernández Ambrosio, Edgar Iván Rodríguez Siordia, Enrique Hernández Rosas, Andrés Rodríguez Márquez entre otros y finalmente al CONACyT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) por el apoyo económico brindado en el periodo de este estudio.

## Índice

Capítulo 1: Introducción .....	18
Capítulo 2: Cognición y Funciones ejecutivas.....	22
Funciones Ejecutivas .....	24
Modelo de Miyake y colaboradores.....	25
<i>Inhibición.</i> .....	25
<i>Actualización y Monitoreo (Memoria de Trabajo).</i> .....	25
<i>Cambio (Flexibilidad).</i> .....	25
Modelo de Zelazo. ....	25
<i>Reflexión.</i> .....	25
<i>Reprocesamiento Iterativo.</i> .....	25
Modelo de Tirapu-Ustárrroz y colaboradores. ....	26
<i>Velocidad de procesamiento.</i> .....	26
<i>Memoria de trabajo.</i> .....	26
<i>Fluidez verbal.</i> .....	26
<i>Inhibición.</i> .....	26
<i>Ejecución dual.</i> .....	26
<i>Flexibilidad cognitiva.</i> .....	26
<i>Planificación.</i> .....	26
<i>Toma de decisiones.</i> .....	26
<i>Paradigmas multitarea.</i> .....	27
<i>Control Ejecutivo y su Evaluación.</i> .....	28
<i>Flexibilidad Cognitiva y su Evaluación.</i> .....	30
<i>Planeación y su Evaluación.</i> .....	32
<i>Elección Riesgo y Beneficio y su Evaluación</i> .....	33
<i>Memoria de Trabajo y su Evaluación.</i> .....	35
Capítulo 3: Organización de la Corteza Prefrontal y las Funciones Ejecutivas.....	43
El Rol de la Dopamina y Noradrenalina en la Regulación de la Corteza Prefrontal y Funciones Ejecutivas.....	49
Capítulo 4: Actividad Eléctrica Cerebral .....	54
¿Qué es el EEG? .....	54

	5
<i>Parámetros en la medición de la actividad eléctrica cerebral</i> .....	55
<i>Posicionamiento de Electroodos para Registro Electroencefalográfico</i> .....	58
<i>Potenciales Relacionados con Eventos</i> .....	59
Capítulo 5: Estilo de Vida, Hábitos e Indicadores de Salud .....	62
Capítulo 6: Interacción entre las variables estudiadas .....	66
Funciones Ejecutivas y Salud .....	66
<i>Actividad eléctrica cerebral, funciones ejecutivas y salud</i> .....	73
Capítulo 7: Planteamiento del problema .....	89
<i>Objetivo general</i> .....	91
<i>Objetivos específicos</i> .....	91
Capítulo 8: Fase 1 .....	93
<i>Variables Fase 1</i> .....	94
<i>Participantes</i> .....	96
<i>Determinación de la Muestra</i> .....	97
Criterios de Inclusión.....	97
Criterios de Exclusión.....	97
<i>Instrumentos</i> .....	98
Pruebas Cognitivas.....	98
<i>Prueba de Stroop</i> .....	98
<i>Prueba de Flexibilidad Cognitiva</i> .....	100
<i>Prueba de planeación</i> .....	101
<i>Prueba de Riesgo</i> .....	103
<i>Actividad Física y Sueño</i> .....	105
<i>Hábitos de salud</i> .....	106
<i>Medida de presión arterial</i> .....	107
<i>Medidas antropométricas</i> .....	107
<i>Consideraciones éticas</i> .....	107
<i>Escenario</i> .....	108
<i>Diseño</i> .....	108
Procedimiento Fase 1 .....	108
Etapa 1. ....	108
Etapa 2. ....	109

	6
<i>Toma de medidas biológicas y antropométricas.....</i>	<i>109</i>
<i>Entrega de resultados. ....</i>	<i>109</i>
<i>Análisis de datos .....</i>	<i>110</i>
Resultados Fase 1.....	113
<i>Resultados descriptivos.....</i>	<i>113</i>
<i>Resultados de las pruebas cognitivas .....</i>	<i>117</i>
<i>Resultados de la evaluación de hábitos de salud.....</i>	<i>119</i>
<i>Resultados de las correlaciones canónicas .....</i>	<i>123</i>
Discusión Fase 1 .....	133
<i>Consideraciones y cambios para la Fase 2 .....</i>	<i>140</i>
Capítulo 9: Fase 2 .....	143
<i>Objetivos Específicos de la Fase 2 .....</i>	<i>143</i>
<i>Hipótesis (Fase 2).....</i>	<i>144</i>
<i>Participantes.....</i>	<i>145</i>
Criterios de inclusión. ....	145
Criterios de exclusión. Se conservan los mismos criterios de la Fase 1. ....	146
<i>Instrumentos.....</i>	<i>146</i>
Pruebas cognitivas. ....	146
<i>Indicadores de salud.....</i>	<i>147</i>
Medidas antropométricas. ....	147
Actividad física y sueño.....	147
Hábitos. ....	147
<i>Registro de actividad eléctrica cerebral.....</i>	<i>148</i>
Escenario.....	151
Diseño. ....	151
<i>Procedimiento.....</i>	<i>151</i>
Etapa 1. ....	151
Etapa 2. ....	152
Etapa 3. ....	152
<i>Análisis de resultados .....</i>	<i>153</i>
Resultados de la Fase 2 .....	155
Resultados Descriptivos.....	155

Análisis de resultados en función de las hipótesis .....	163
Discusión Fase 2 .....	192
<i>Primer Objetivo: Relación Predictiva entre el Desempeño de las EF y Conductas Relacionadas con la Salud</i> .....	194
<i>Segundo objetivo: Relación predictiva entre el desempeño de las funciones ejecutivas y el nivel de grasa visceral</i> .....	200
<i>Tercer Objetivo: Analizar la Relación Predictiva entre la Actividad Electrofisiológica de los Lóbulos Frontales y el Desempeño en las EF</i> .....	206
<i>Cuarto objetivo: Relación Predictiva entre Variables Cuantitativas de la Actividad Eléctrica Cerebral y la Elección de Alimentos Saludables</i> .....	213
<i>Quinto objetivo: Relación Predictiva entre Variables Cuantitativas de la Actividad Eléctrica Cerebral y el Nivel de Grasa Visceral</i> .....	215
Capítulo 10: Relación entre las fases de investigación, conclusiones e implicaciones.....	219
Interrelación de los hallazgos.....	219
Conclusiones .....	224
<i>Limitaciones del estudio</i> .....	228
<i>Fortalezas del estudio</i> .....	230
Implicaciones Teórico-Methodológicas.....	231
Implicaciones prácticas .....	238
Preguntas y Líneas de Investigación.....	240
Referencias.....	244
Apéndices.....	281
Apéndice A. Instrucciones Previas a Cita para el Estudio y Uso de Fitbit .....	281
Apéndice B. Carta de Consentimiento Informado .....	282
Apéndice C. Cuestionario de Hábitos de Salud .....	283_Toc153366462
Apéndice D. Cuestionario de Hábitos Modificados Durante Contingencia COVID-19.....	284
Apéndice E. Medidas de Consumo de Alcohol .....	285
Apéndice F. Medidas de Consumo de Frutas, Verduras y Raciones .....	286
Apéndice G. Orden de Contrabalanceo del Diseño de Investigación .....	287
Apéndice H. Formato de la Báscula TANITA ® .....	288
Apéndice I. Formato de Reporte de Resultados para Participantes .....	289
Apéndice J. Pruebas Cognitivas Aplicadas .....	291
Test de Wisconsin .....	291
Prueba Torre de Londres.....	292

Prueba BART.....	293
Prueba STROOP.....	294
Apéndice K. Validación de pruebas cognitivas .....	297
Diferencias en la Respuesta ante Estímulos Congruentes e Incongruentes, así como el Efecto de la Secuencia en una Prueba Computarizada de Stroop.....	297
<i>Objetivos</i> .....	297
<i>Preguntas de investigación</i> .....	297
<i>Participantes</i> .....	297
<i>Instrumentos</i> .....	298
Prueba de Stroop.....	298
<i>Procedimiento</i> .....	301
Criterios de exclusión.....	301
Análisis de datos.....	302
<i>Resultados</i> .....	302
Cambios en Función de la Edad en Distintos Parámetros de Respuesta de la Prueba de Cartas de Wisconsin y la Prueba de Torre de Londres Modificada.....	304
<i>Objetivo general</i> .....	304
<i>Objetivos específicos</i> .....	304
<i>Preguntas de investigación</i> .....	305
<i>Participantes</i> .....	305
Análisis de datos.....	305
<i>Instrumentos</i> .....	306
Prueba de planeación.....	306
Prueba de flexibilidad cognitiva.....	308
<i>Procedimiento</i> .....	309
Criterios de exclusión.....	309
<i>Resultados</i> .....	310
Prueba ATL.....	310
Prueba flexibilidad cognitiva.....	314
Efectos de la Magnitud del Reforzamiento en la Capacidad de Predicción de la Tarea de Riesgo Análogo de Globos Respecto del Consumo de Alcohol Reportado en Estudiantes Universitarios.....	316
<i>Objetivo general</i> .....	316
<i>Objetivos específicos</i> .....	316

	9
<i>Pregunta de investigación</i> .....	316
Participantes.....	316
<i>Instrumentos</i> .....	317
Prueba evaluación riesgo y beneficio (BART). ....	317
<i>Procedimiento</i> .....	319
Criterios de exclusión.....	319
Análisis de datos. ....	319
<i>Resultados</i> .....	319
<i>Discusión de resultados</i> .....	322
<i>Conclusiones</i> .....	324
Apéndice L. Composición de variables canónicas (ejemplo) .....	325

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.1.</b> <i>Clasificación internacional de peso en adultos</i> .....	<b>19</b>
<b>Tabla 2.1.</b> <i>Descripción breve de las funciones ejecutivas comúnmente evaluadas y reportadas en la bibliografía.</i> .....	<b>36</b>
<b>Tabla 3.1.</b> <i>Funciones de las áreas frontales</i> .....	<b>48</b>
<b>Tabla 6.1.</b> <i>Resumen de las principales asociaciones reportadas en la literatura revisada entre funciones ejecutivas y factores de salud.</i> .....	<b>71</b>
<b>Tabla 6.2.</b> <i>Resumen de los principales hallazgos reportados en la literatura (respuesta psicofisiológica &amp; factores de salud).</i> .....	<b>85</b>
<b>Tabla 8.1.</b> <i>Síntesis descriptiva de las hipótesis con base en los parámetros</i> .....	<b>94</b>
<b>Tabla 8.2.</b> <i>VARIABLES CORRESPONDIENTES A LA CATEGORÍA DE FUNCIONES EJECUTIVAS.</i> .....	<b>95</b>
<b>Tabla 8.3.</b> <i>VARIABLES CORRESPONDIENTES A LA CATEGORÍA DE INDICADORES SALUD.</i> .....	<b>96</b>
<b>Tabla 8.4.</b> <i>Características de la muestra, divididas por género.</i> .....	<b>114</b>
<b>Tabla 8.5.</b> <i>Desempeño en las pruebas cognitivas (Stroop y BART).</i> .....	<b>118</b>
<b>Tabla 8.6.</b> <i>Desempeño en las pruebas cognitivas AWCT y ATL.</i> .....	<b>119</b>
<b>Tabla 8.7.</b> <i>Hábitos relacionados con la salud</i> .....	<b>120</b>
<b>Tabla 8.8.</b> <i>Medidas de salud.</i> .....	<b>122</b>
<b>Tabla 8.9.</b> <i>Resultados de la correlación canónica en función de la prueba de Stroop</i> .....	<b>125</b>
<b>Tabla 8.10.</b> <i>Resultados de la correlación canónica en función de la prueba de ATL</i> .....	<b>126</b>

<b>Tabla 8.11.</b> <i>Correlación específica entre variable canónica predictora PPLAN y sus variables dependientes.</i> .....	<b>130</b>
<b>Tabla 8.12.</b> <i>Resultados de la correlación canónica en función de la prueba de Flexibilidad Cognitiva.</i> .....	<b>131</b>
<b>Tabla 8.13.</b> <i>Resultados del análisis del modelo lineal generalizado (prueba BART).</i> .....	<b>132</b>
<b>Tabla 9.1.</b> <i>Hipótesis relacionadas con los objetivos 1 y 2.</i> .....	<b>144</b>
<b>Tabla 9.2.</b> <i>Hipótesis organizadas por objetivo (objetivos 3 – 5).</i> .....	<b>145</b>
<b>Tabla 9.3.</b> <i>Variables correspondientes a la categoría de Funciones ejecutivas (Fase 2).</i> .....	<b>147</b>
<b>Tabla 9.4.</b> <i>Variables correspondientes a la categoría de Indicadores de Salud (Fase 2).</i> .....	<b>148</b>
<b>Tabla 9.5.</b> <i>Variables correspondientes a la categoría de Actividad Eléctrica Cerebral</i> .....	<b>151</b>
<b>Tabla 9.6.</b> <i>Desempeño en las pruebas cognitivas (de Stroop, BART y ATL).</i> .....	<b>157</b>
<b>Tabla 9.7.</b> <i>Indicadores de salud (de estado y hábitos).</i> .....	<b>158</b>
<b>Tabla 9.8.</b> <i>Medidas electrofisiológicas del lóbulos frontales (Proporción Theta/Beta y Coherencia).</i> <b>159</b>	
<b>Tabla 9.9.</b> <i>Datos descriptivos de los ERP (amplitud pk-pk).</i> .....	<b>161</b>
<b>Tabla 9.10.</b> <i>Datos descriptivos de los ERP (latencia).</i> .....	<b>162</b>
<b>Tabla 9.11.</b> <i>Resultados del análisis de regresión lineal múltiple (Stroop vs Sueño).</i> .....	<b>167</b>
<b>Tabla 9.12.</b> <i>Resultados del análisis de regresión lineal múltiple (ATL y Promedio de pasos diarios).</i> .....	<b>168</b>
<b>Tabla 9.13.</b> <i>Resultados del análisis de regresión lineal múltiple (ATL y Sueño).</i> .....	<b>169</b>
<b>Tabla 9.14.</b> <i>Resultados del análisis GLMM para distribución de Poisson (BART y MEEAD).</i> .....	<b>170</b>
<b>Tabla 9.15.</b> <i>Resultados del análisis GLMM para distribución de Poisson (Stroop vs Grasa Visceral).</i> .....	<b>171</b>
<b>Tabla 9.16.</b> <i>Resultados del análisis GLMM para distribución de Poisson (ATL vs nivel de grasa visceral).</i> .....	<b>172</b>
<b>Tabla 9.17.</b> <i>Resultados del análisis GLMM para distribución de Poisson (Proporción Theta/Beta frontal y nivel de grasa visceral).</i> .....	<b>187</b>
<b>Tabla 9.18.</b> <i>Resultados del análisis GLMM para distribución de Poisson (Coherencia Frontal en beta vs Nivel de Grasa Visceral).</i> .....	<b>188</b>
<b>Tabla 9.19.</b> <i>Resultados del análisis GLMM para distribución de Poisson (Componentes de los ERP y nivel de grasa visceral).</i> .....	<b>188</b>
<b>Tabla 9.20.</b> <i>Síntesis de las hipótesis aceptadas y rechazadas relacionadas con los objetivos 1 y 2.</i> <b>189</b>	
<b>Tabla 9.21.</b> <i>Síntesis de las hipótesis aceptadas y rechazadas (objetivos 3 – 5).</i> .....	<b>190</b>
<b>Tabla E1.</b> <i>Equivalencias de consumo de alcohol.</i> .....	<b>285</b>
<b>Tabla F1.</b> <i>Medidas de consumo de frutas y raciones.</i> .....	<b>286</b>
<b>Tabla F2.</b> <i>Medidas de consumo de verduras y raciones.</i> .....	<b>287</b>

<b>Tabla K1.</b> <i>Muestra utilizada en la validación de las pruebas de Wisconsin y ATL.</i> .....	<b>305</b>
<b>Tabla K2.</b> <i>Niveles de la prueba de planeación.</i> .....	<b>307</b>
<b>Tabla K3.</b> <i>Protocolos de la prueba de Globos.</i> .....	<b>322</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 2.1.</b> <i>Interrelación entre Funciones Ejecutivas.</i> .....	<b>38</b>
<b>Figura 3.1.</b> <i>Localización visual de las áreas de Brodmann</i> .....	<b>44</b>
<b>Figura 4.1.</b> <i>Electroencefalograma digital.</i> .....	<b>56</b>
<b>Figura 4.2.</b> <i>Representación gráfica bidimensional del sistema internacional 10/20.</i> .....	<b>58</b>
<b>Figura 4.3.</b> <i>Representación gráfica de ERP generados por la prueba de Stroop computarizada.</i> ...	<b>60</b>
<b>Figura 7.1.</b> <i>Síntesis esquemática del planteamiento del problema.</i> .....	<b>90</b>
<b>Figura 8.1.</b> <i>Capturas de pantalla de los diversos momentos durante la prueba de Stroop</i> .....	<b>100</b>
<b>Figura 8.2.</b> <i>Captura de pantalla durante la prueba de flexibilidad cognitiva.</i> .....	<b>101</b>
<b>Figura 8.3.</b> <i>Captura de pantalla durante la prueba de planeación.</i> .....	<b>103</b>
<b>Figura 8.4.</b> <i>Captura de pantalla durante la prueba BART.</i> .....	<b>105</b>
<b>Figura 8.5.</b> <i>Síntesis de los pasos y componentes de la Fase 1</i> .....	<b>113</b>
<b>Figura 8.6.</b> <i>Distribuciones de frecuencia de la edad, escolaridad y BMI según género.</i> .....	<b>116</b>
<b>Figura 8.7.</b> <i>Distribuciones de frecuencia de los comportamientos relacionados con la salud.</i> .....	<b>121</b>
<b>Figura 8.8.</b> <i>Variables de las pruebas de Control Ejecutivo y Flexibilidad cognitiva.</i> .....	<b>123</b>
<b>Figura 8.9.</b> <i>Variables de la prueba de planeación.</i> .....	<b>124</b>
<b>Figura 8.10.</b> <i>Composición de la variable canónica predictora (PPLAN).</i> .....	<b>126</b>
<b>Figura 8.11.</b> <i>Composición de la variable canónica dependiente (HH).</i> .....	<b>128</b>
<b>Figura 8.12.</b> <i>Correlación global obtenida entre Desempeño de planeación (PPLAN) y hábitos de salud (HH)</i> .....	<b>129</b>
<b>Figura 9.1.</b> <i>Esquema sintético del método de la Fase 2.</i> .....	<b>154</b>
<b>Figura 9.2.</b> <i>Distribución de los participantes de acuerdo con su escolaridad, BMI y género.</i> .....	<b>156</b>
<b>Figura 9.3.</b> <i>ERP de la región frontal durante el desempeño en la prueba de Stroop.</i> .....	<b>160</b>
<b>Figura 9.4.</b> <i>Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (proporción Stroop y elección de alimentos)</i> .....	<b>164</b>
<b>Figura 9.5.</b> <i>Correlación canónica entre el desempeño en la prueba de Stroop y la Elección de Alimentos.</i> .....	<b>165</b>

<b>Figura 9.6.</b> <i>Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (ATL y Alimentación).</i> .....	<b>166</b>
<b>Figura 9.7.</b> <i>Resultados predictivos significativos Regresión Lineal (Stroop vs Sueño).</i> .....	<b>167</b>
<b>Figura 9.8.</b> <i>Resultados predictivos significativos Regresión Lineal (ATL y Pasos diarios).</i> .....	<b>169</b>
<b>Figura 9.9.</b> <i>Resultados predictivos significativos GLMM (Stroop vs Grasa Visceral).</i> .....	<b>171</b>
<b>Figura 9.10.</b> <i>Resultados predictivos significativos GLMM (ATL vs Grasa Visceral).</i> .....	<b>173</b>
<b>Figura 9.11.</b> <i>Amplitud del componente N4 (ERP).</i> .....	<b>174</b>
<b>Figura 9.12.</b> <i>Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (proporción theta/beta y Stroop).</i> .....	<b>175</b>
<b>Figura 9.13.</b> <i>Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (proporción theta/beta y ATL).</i> .....	<b>176</b>
<b>Figura 9.14.</b> <i>Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (proporción theta/beta y BART).</i> .....	<b>177</b>
<b>Figura 9.15.</b> <i>Correlación canónica entre la VC Proporción Theta/Beta Frontal-3 y la VC Desempeño en la prueba BART-1.</i> .....	<b>178</b>
<b>Figura 9.16.</b> <i>Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (Coherencia en beta frontal y Stroop).</i> .....	<b>179</b>
<b>Figura 9.17.</b> <i>Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (Coherencia en beta frontal y ATL).</i> .....	<b>180</b>
<b>Figura 9.18.</b> <i>Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (Coherencia en beta frontal y BART).</i> .....	<b>181</b>
<b>Figura 9.19.</b> <i>Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (ERP componente N2 y Stroop).</i> .....	<b>182</b>
<b>Figura 9.20.</b> <i>Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (ERP componente N4 y Stroop).</i> .....	<b>183</b>
<b>Figura 9.21.</b> <i>Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (ERP componente N2 y elección de alimentos).</i> .....	<b>184</b>
<b>Figura 9.22.</b> <i>Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (ERP componente N4 y elección de alimentos).</i> .....	<b>185</b>
<b>Figura 9.23.</b> <i>Correlación canónica entre la proporción el componente N4 y la elección de alimentos.</i> .....	<b>186</b>
<b>Figura 10.1.</b> <i>Conexión entre parámetros de proceso, resultado y estados identificados.</i> .....	<b>227</b>
<b>Figura 10.2.</b> <i>Interrelación entre Funciones Ejecutivas en el contexto del Autocuidado de la Salud.</i>	<b>235</b>
<b>Figura H1.</b> <i>Formato de lectura de composición corporal TANITA (TANITA, 2021).</i> .....	<b>288</b>
<b>Figura I1.</b> <i>Ejemplo de formato de reporte de resultados de los participantes.</i> .....	<b>289</b>
<b>Figura J1.</b> <i>Captura de pantalla del Test de Wisconsin versión electrónica. Elaboración propia.</i>	<b>291</b>

<b>Figura J2.</b> <i>Captura de pantalla de la Prueba de Londres versión electrónica. Elaboración propia.</i>	<b>292</b>
<b>Figura J3.</b> <i>Captura de pantalla de la prueba BART versión electrónica. Elaboración propia.</i>	<b>293</b>
<b>Figura J4.</b> <i>Captura de pantalla inicial de la prueba de Stroop. Elaboración propia.</i>	<b>294</b>
<b>Figura J5.</b> <i>Captura de pantalla prueba Stroop ejemplo congruente. Elaboración propia.</i>	<b>295</b>
<b>Figura J6.</b> <i>Captura de pantalla prueba Stroop ejemplo incongruente. Elaboración propia.</i>	<b>295</b>
<b>Figura J7.</b> <i>Captura de pantalla prueba Stroop para emitir la respuesta. Elaboración propia.</i>	<b>296</b>
<b>Figura K1.</b> <i>Captura de pantalla del punto de fijación de la prueba de Stroop.</i>	<b>299</b>
<b>Figura K2.</b> <i>Captura de pantalla del estímulo congruente de la prueba de Stroop.</i>	<b>300</b>
<b>Figura K3.</b> <i>Captura de pantalla del estímulo incongruente de la prueba de Stroop.</i>	<b>300</b>
<b>Figura K4.</b> <i>Captura de pantalla para responder de la prueba de Stroop.</i>	<b>301</b>
<b>Figura K5.</b> <i>Errores (parte superior) y tiempo de respuesta (parte inferior) obtenido en la prueba de Stroop.</i>	<b>303</b>
<b>Figura K6.</b> <i>Captura de pantalla durante la prueba de planeación.</i>	<b>308</b>
<b>Figura K7.</b> <i>Captura de pantalla durante la prueba de flexibilidad cognitiva.</i>	<b>309</b>
<b>Figura K8.</b> <i>Prueba de Planeación: tiempos de planeación y ejecución (comparativa).</i>	<b>311</b>
<b>Figura K9.</b> <i>Resultados de la prueba de prueba de planeación: Niveles alcanzados con el mínimo de movimientos (parte superior) y porcentaje de efectividad (parte inferior).</i>	<b>313</b>
<b>Figura K10.</b> <i>Resultados de la prueba de Flexibilidad Cognitiva en comparación con antecedentes.</i>	<b>315</b>
<b>Figura K11.</b> <i>Captura de pantalla durante la prueba BART.</i>	<b>318</b>
<b>Figura K12.</b> <i>Datos descriptivos: distribución en el consumo reportado de alcohol.</i>	<b>320</b>
<b>Figura K13.</b> <i>Correlación obtenida entre el coeficiente de covariación (COV) de la prueba de BART en función de los eventos mensuales de consumo excesivo de alcohol (MEEAD) para cada uno de los protocolos empleados.</i>	<b>321</b>

## Resumen

**Antecedentes:** Una buena parte de problemas de salud están vinculados al estilo de vida de las personas y su toma de decisiones en el día a día. La toma de decisiones depende de una serie de competencias denominadas funciones ejecutivas, adquiridas a lo largo de la vida y que operan en función del contexto, estas a su vez se han relacionado con la salud en términos de hábitos e indicadores, adicionalmente el desempeño en las funciones ejecutivas presenta correspondencias con la actividad eléctrica cerebral.

**Propósito:** El presente estudio tiene como objetivo analizar la relación de predictibilidad que tienen las funciones ejecutivas y el funcionamiento electrofisiológico de los lóbulos frontales respecto de hábitos y medidas de salud en adultos.

**Diseño:** Se utilizó un diseño predictivo – transversal multifase, con un pilotaje y validación de pruebas (que no aparece en el cuerpo del documento) y dos fases. Fase 1 con un carácter exploratorio para evaluar las variables potencialmente explicativas e identificar ajustes necesarios a la metodología, y una Fase 2 en la que se evaluaron las hipótesis con las variables seleccionadas de la Fase 1 y en la que se implementó el registro con EEG. Participaron dos muestras de adultos (35 y 61 respectivamente), con diversidad de rangos de edad, escolaridad y de ambos géneros, seleccionada a conveniencia de acuerdo con los objetivos de cada fase.

**Resultados:** Los resultados mostraron una correlación significativa entre el rendimiento en la prueba de Stroop y la elección de alimentos saludables, cantidad de sueño y nivel de grasa

visceral (VFL). Las transgresiones en la prueba de ATL se asociaron con un mayor VFL y contrariamente a lo esperado, esta prueba reveló una relación inversa con la actividad física.

Neurofisiológicamente, una mayor proporción theta/beta frontal indicó un desempeño menos eficiente en la prueba BART, mientras que el componente N4 de los ERP correlacionó con mejores elecciones alimenticias.

Estos hallazgos sugieren una relación clave entre el control ejecutivo y la adopción de un estilo de vida saludable. Un alto VLF parece impactar negativamente en funciones ejecutivas como la memoria de trabajo o el control ejecutivo, posiblemente debido a alteraciones metabólicas e inflamatorias asociadas con un VLF elevado.

El estudio resalta la importancia de considerar ajustes metodológicos y diferencias poblacionales. La escolaridad, por ejemplo, parece actuar como un factor protector cognitivo, pero también relacionarse con una menor actividad física. Se subraya la influencia de la actividad de los lóbulos frontales en las decisiones de autocuidado de la salud. Finalmente se discuten y debaten preceptos teóricos y se proponen líneas de investigación.

**Relevancia:** La exploración de la relación entre comportamiento y salud es esencial, especialmente en contextos como México, que enfrenta desafíos significativos en salud, como las altas tasas de sobrepeso y obesidad. Aunque los resultados obtenidos son preliminares y requieren investigaciones más extensas, representan los primeros en México en interconectar de esta manera variables de comportamiento, psicofisiológicas y de salud. Esto nos ofrece un punto de partida valioso en esta compleja línea de investigación.

**Palabras clave:** *funciones ejecutivas, psicología de la salud, composición corporal, QEEG, análisis multivariado, toma de decisiones, alimentación y sueño.*

### **Abstract**

**Background:** A considerable portion of health problems are linked to individual's lifestyles and daily decision-making. Decision-making depends on a set of skills called executive functions, acquired throughout life, and operating based on context. These have been associated with health in terms of habits and indicators. Additionally, performance in executive functions shows correspondences with brain electrical activity.

**Purpose:** This study aims to analyze the predictability relationship between executive functions and the electrophysiological functioning of the frontal lobes in relation to habits and health measures in adults.

**Design:** A predictive, cross-sectional, multi-phase design was employed, comprising a pilot stage and test validation (not included in the main body of the document) and two phases. Phase 1 had an exploratory nature to assess potentially explanatory variables and identify necessary methodological adjustments. Phase 2 involved testing hypotheses with the selected variables from Phase 1 and implementing EEG recording. Participants consisted of two samples of adults (35 and 61 respectively), diverse in age ranges, education levels, and gender, conveniently selected according to the objectives of each phase.

**Results:** Main results showed a significant correlation between performance on the Stroop test and the choice of healthy foods, amount of sleep, and visceral fat level (VFL). Transgressions in the ATL test were associated with a higher VFL, and contrary to expectations, this test revealed an inverse relationship with physical activity. Neurophysiologically, a higher frontal theta/beta ratio indicated less efficient performance in the BART test, while the N4 component of the ERP correlated with better food choices.

These findings suggest a key relationship between executive control and the adoption of a healthy lifestyle. A high VFL seems to negatively impact executive functions like working memory or executive control, possibly due to metabolic and inflammatory alterations associated with elevated VFL.

The study highlights the importance of considering methodological adjustments and population differences. Education, for instance, may act as a cognitive protective factor but also associate with less physical activity. The influence of frontal lobe activity in self-care decision-making is emphasized. Theoretical precepts are discussed and debated, proposing research lines.

**Relevance:** Exploring the relationship between behavior and health is crucial, especially in contexts like Mexico, facing significant health challenges such as high rates of overweight and obesity. While the findings are preliminary and require further research, they represent the first in Mexico to interconnect behavioral, psychophysiological, and health variables in this manner, offering a valuable starting point in this complex research line.

**Keywords:** *executive functions, health psychology, body composition, QEEG, multivariate analysis, decision-making, nutrition and sleep.*

## Capítulo 1: Introducción

En el “Informe sobre la salud de los mexicanos” de la Subsecretaría de Integración y Desarrollo del Sector Salud y que fue dirigido por la Dirección General de Evaluación del Desempeño (DGED, 2016; ver Secretaría de Salud, 2016), se reporta que los principales factores de riesgo para la adquisición de enfermedades no transmisibles y que repercuten directamente en la esperanza de vida de la población son sobrepeso y obesidad, dietas elevadas en azúcares o grasas saturadas, estilos de vida sedentarios, tabaquismo y consumo perjudicial de alcohol. En el caso de México, se reporta que tiene una de las menores esperanzas de vida entre los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en inglés) (lugar 37 de 43).

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) de 2018, realizada por el Instituto Nacional de Salud Pública, revela que el 74.9% de los adultos en México tiene sobrepeso u obesidad, según los criterios del Índice de Masa Corporal (BMI, por sus siglas en inglés) detallados en la Tabla 1.1. De este porcentaje, 39.55% presenta obesidad y 35.35% sobrepeso, sumando 56,2 millones de personas. Estas condiciones están asociadas a enfermedades como diabetes tipo 2, afecciones cardiovasculares y cáncer (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021), y a problemas cognitivos como discapacidad intelectual y diversas demencias (Qu et al., 2020).

La obesidad se relaciona con el estilo de vida y hábitos dietéticos. Según la OMS (2021), el 29% de los mexicanos no cumplen con las recomendaciones de la OMS respecto a actividad física; lo que implica que semanalmente los mexicanos realizan menos de 150 minutos de actividad física, y cerca de un 55% de la población pasa 2 horas o más al día en actividades

sedentarias frente a una pantalla electrónica, además entre un 30 y un 45% de la población incurre en consumo perjudicial de alcohol. Respecto al consumo de tabaco, alrededor de un 11% de la población han consumido un mínimo de 100 cigarros y fuman actualmente, lo que implica riesgos importantes para la salud (Alcaraz-Ortiz et al., 2015).

**Tabla 1.1.**

*Clasificación internacional de peso en adultos.*

<b>Clasificación</b>	<b>Índice de masa corporal BMI<sup>a</sup></b>
<b>Bajo peso</b>	<b>&lt;18.50</b>
Delgadez intensa	<16.00
Delgadez moderada	16.00 - 16.99
Delgadez leve	17.00 - 18.49
<b>Rango normal</b>	<b>18.50 - 24.99</b>
<b>Sobrepeso</b>	<b>≥25.00</b>
Pre-obeso	25.00 - 29.99
<b>Obeso</b>	<b>≥30.00</b>
Obeso clase I	30.00 - 34.99
Obeso clase II	35.00 - 39.99
Obeso clase III	≥40.00

*Nota.* Se muestran bajo peso, sobrepeso y obesidad, de acuerdo con su índice de masa corporal (BMI, kg/m<sup>2</sup>). Adaptado de la Organización Mundial de la Salud (2016).

Se asume que muchos de los problemas de salud, tales como los anteriormente mencionados, son interdependientes de la conducta humana y son prevenibles. De modo que, al considerar como campo de estudio de la psicología, la comprensión de los factores vinculados al desarrollo y mantenimiento de la conducta humana (cognitivos, emocionales, psicosociales, contextuales, historia de aprendizaje, etc.), es posible asumir que corresponde a este campo del saber el identificar e intervenir en factores que deriven en un estilo de vida salutífero o enfermógeno.

A pesar de la evidencia existente en cuanto a la vinculación entre procesos psicológicos,

particularmente procesos cognitivos y salud, esta no es conclusiva y son pocos los estudios que han sido realizados con participantes mexicanos (Alcaraz-Ortiz et al., 2015). De modo que el estado actual de la investigación con población mexicana tiene vacíos importantes en el conocimiento, que de cubrirse pueden dar pie a mejorar las formas y técnicas de intervención en esta problemática nacional y global. De igual manera, la identificación de correspondencias psicofisiológicas puede ampliar la panorámica para proponer opciones en la prevención y cuidado promocional de la salud.

La investigación aquí presentada aspira a enriquecer el panorama actual sobre la interacción entre comportamiento y salud, focalizándose especialmente en el contexto mexicano. El contenido está estructurado en 10 capítulos y un apartado de apéndices. A continuación, se ofrece un breve resumen de cada sección para orientar al lector en su lectura general del documento:

El Capítulo 1 introduce el contexto de la salud en México y su relación con los hábitos y comportamiento humano, estableciendo así la relevancia de contribuir al estado actual del conocimiento en este ámbito. En el Capítulo 2, se exploran la cognición y su variabilidad individual, centrándose en las Funciones Ejecutivas (EF) esenciales en la adaptación ambiental y relacionadas con la maduración de la corteza prefrontal. Se examinan modelos teóricos de EF y se resalta la ausencia de un modelo consolidado para investigar su vínculo con la salud. El tercer capítulo profundiza en la dinámica bidireccional entre las EF y los lóbulos frontales, incluyendo el impacto de neurotransmisores como la dopamina y la noradrenalina en la regulación prefrontal.

El Capítulo 4 destaca el uso del EEG en la investigación del comportamiento humano,

resaltando su resolución temporal y no invasividad. El Capítulo 5 discute cómo los estilos de vida y hábitos cotidianos influyen en la salud, con énfasis en la importancia del sueño. El sexto capítulo aborda la interacción bidireccional entre EF y salud, mostrando cómo distintos ejercicios y la obesidad afectan a las EF y cómo el EEG refleja variaciones individuales relacionadas con las EF y la salud.

El Capítulo 7 plantea el problema central de investigar la capacidad predictiva de las EF y la actividad electrofisiológica frontal en hábitos y medidas de salud en adultos mexicanos. En el Capítulo 8, se describe la fase exploratoria del estudio, que correlaciona la actividad física y el sueño con evaluaciones cognitivas y de salud, y anticipa los ajustes metodológicos para la Fase 2.

La Fase 2, detallada en el Capítulo 9, examina más profundamente la relación entre EF y conductas de salud. Se observaron correlaciones significativas en la prueba de Stroop con la elección de alimentos saludables, el sueño y el VFL. La prueba ATL reveló una relación inversa con la actividad física y una asociación de las transgresiones con un mayor VFL. A nivel neurofisiológico, se encontró una relación entre la actividad theta/beta frontal y el desempeño en BART, así como entre el componente N4 de los ERP y una mejor elección de alimentos.

El capítulo final, el 10, integra los hallazgos y discute las conclusiones, limitaciones, fortalezas y direcciones futuras de la investigación. Se destacan las variaciones en la relación entre el control ejecutivo y la salud, y el impacto de factores como la escolaridad en estas interacciones. A pesar de ciertas limitaciones, el estudio ofrece un enfoque integral, conectando variables de proceso, estado y resultado, y sugiere futuras investigaciones para profundizar en la comprensión de los vínculos entre neurociencia, comportamiento y salud.

## Capítulo 2: Cognición y Funciones ejecutivas

La cognición es un constructo que engloba procesos relacionados con el pensamiento, la atención, la memoria, la construcción del conocimiento, la percepción, voluntad, abstracción, imaginación, etc. (Toledo-Rojas y Mejía-Arauz, 2015). El desarrollo cognitivo varía de individuo a individuo y puede observarse en la forma en cómo una persona interactúa con su medio físico, social y biológico. Su desarrollo depende de su historia de interacción de tal forma que ha sido fuertemente vinculado a varios aspectos de la vida humana, como es el caso de los procesos de aprendizaje (Alloway, 2009).

Una parte importante del desarrollo cognitivo y la capacidad para responder a las demandas del entorno, corresponden al desarrollo de las Funciones Ejecutivas (EF) por sus siglas en inglés). Estas funciones son definidas de diversas maneras, sin embargo, son inferidas a partir de la capacidad adaptativa y estratégica en la respuesta de los organismos ante condiciones específicas del ambiente (ver Rosselli y Matute, 2010; Yang et al., 2018). Algunas de las EF más estudiadas son: Control Ejecutivo, Flexibilidad Cognitiva, Planeación, Valoración Riesgo-Beneficio, Memoria de Trabajo, entre otras.

El desarrollo cognitivo se encuentra vinculado a procesos madurativos orgánicos y cambios en estructuras nerviosas en el individuo. Por ejemplo, iniciando por el sistema nervioso central, este comienza su desarrollo a los 18 días de la fecundación y evoluciona hasta la adultez alcanzando aproximadamente 100,000 millones de neuronas, depende tanto de factores genéticos como ambientales. Cabe destacar que las funciones ejecutivas se asocian principalmente al desarrollo de la corteza prefrontal que es el área cerebral con un proceso más prolongado de maduración en comparación con otras estructuras, mostrando cambios

importantes (e.g. sinaptogénesis, mielinización, etc.) desde la gestación hasta finales de la tercera década de vida. Tales cambios se encuentran asociados a variaciones de desempeño conductual (Flores y Ostrosky-Solís, 2012).

La maduración cerebral corresponde a cambios estructurales (incremento en axones y arborizaciones dendríticas en las neuronas) con correspondientes mayor número de conexiones nerviosas y aumento del grosor de las capas de la corteza cerebral. De la misma manera, la mielinización es parte de los indicadores de maduración permitiendo mayor velocidad en la conducción del impulso eléctrico (Rosselli y Matute, 2010).

A pesar de que existen claros factores genéticos en el desarrollo de la estructura cerebral, éste es altamente modulado por el contexto. Factores medioambientales como la exposición al mismo ambiente intrauterino durante la gestación afecta el desarrollo cerebral, provocando similitudes en la morfología y proporciones de este órgano en gemelos no idénticos al compararse con hermanos de distinta impronta (Aimez et al., 2018).

Durante los primeros dos años de vida el cerebro humano crece significativamente, posteriormente las variaciones se presentan en picos de crecimiento. Por ejemplo, a los 10 años se presentan cambios acentuados en la región parietal y a los 11 años se observa un incremento de la sustancia gris en la región frontal. Por otra parte, la sustancia blanca se desarrolla de forma más constante a lo largo de la vida y hasta aproximadamente los 30 años (Rosselli y Matute, 2010).

De la misma forma, las características biológicas y la historia de interacción inciden en que las funciones ejecutivas evolucionen de manera relativamente diferente en cada individuo, modulando en cierta medida diferencias individuales perceptibles desde la niñez, en áreas como

socialización, regulación emocional, procesos académicos y de aprendizaje, resolución de problemas, seguimiento de instrucciones y pautas sociales, entre otros factores (Moriguchi et al., 2016), lo que las hace incidir en la manera y el estilo particular de la persona para afrontar y resolver las situaciones que se presentan a lo largo del día y a lo largo de la vida.

### **Funciones Ejecutivas**

Las Funciones Ejecutivas (EF por sus siglas en inglés) pueden ser entendidas como "...un conjunto de mecanismos de control de propósito general, frecuentemente asociados a la corteza prefrontal del cerebro, que regulan la dinámica de la cognición y la acción humana" (Miyeake y Friedman, 2012, p. 8). Otra definición para tomar en cuenta, ya que corresponde con algunos elementos teóricos esbozados en este escrito sería la siguiente: "... un conjunto de actividades cognitivas que facilitan mantener un plan coherente y consistente al individuo, el cual le permite el logro de metas específicas" (Rosselli y Matute, 2010, p. 38), y se ha enfatizado el papel de las EF como capacidades autorregulatorias en la direccionalidad del comportamiento a metas específicas (Zelazo, 2015). De acuerdo con Yang et al. (2018) existen varios aspectos de alta relevancia en las EF: el primero corresponde a la habilidad de suprimir impulsos o respuestas automáticas, el segundo a la flexibilidad cognoscitiva que se refiere a la habilidad para cambiar la dirección de la atención, así como las reglas de adaptación a situaciones y el tercero corresponde a la memoria de trabajo, la cual tiene que ver con el monitoreo y actualización de la información en memoria, respecto a ésta última, otros autores, adicionalmente hacen referencia a la retención y manipulación simultánea de información (e.g. Alcaraz et al., 2013; Cha et al., 2018).

A continuación, se presentan tres modelos frecuentemente citados en investigaciones actuales (ver, por ejemplo: Gray-Burrows, 2019; Flores Ocampo, 2020):

**Modelo de Miyake y colaboradores.** Basados en la identificación de una estructura factorial subyacente, estos autores (Miyake et al., 2002; Miyake y Friedman, 2012) identifican tres componentes principales de las EF.

***Inhibición.*** La capacidad para suprimir respuestas automatizadas o predominantes.

***Actualización y Monitoreo (Memoria de Trabajo).*** La capacidad para manipular información retenida temporalmente y poder actualizarla conforme se recibe nueva información.

***Cambio (Flexibilidad).*** La capacidad para cambiar de una tarea a otra o ajustar las respuestas en función de los cambios en el contexto o tarea.

**Modelo de Zelazo.** Con base en una amplia revisión teórica, Zelazo (2015, 2020) propone un modelo, en el que las EF son procesos cognitivos de alto nivel que son esenciales para el pensamiento consciente, el control del comportamiento, y la regulación emocional. Zelazo destaca la importancia de la reflexión y el reprocesamiento iterativo en el desarrollo y operación de las EF. Zelazo proporciona un marco que explica las EF, como procesos reflexivos, el reprocesamiento iterativo y complejo, asociados con el desarrollo cerebral.

***Reflexión.*** Zelazo propone que la reflexión, el acto de considerar y pensar sobre la propia cognición, es fundamental para las EF.

***Reprocesamiento Iterativo.*** Es el proceso repetitivo y cíclico de reflexionar y refinar la información y las respuestas cognitivas.

Zelazo, hace la distinción entre EF frías y EF calientes, en donde las primeras están implicadas en la resolución de tareas o situaciones emocionalmente neutras, mientras que las se-

gundas corresponden a situación con implicación emocional, en donde, de acuerdo con este autor, la toma de decisiones repercute en recompensas o castigos.

**Modelo de Tirapu-Ustárrroz y colaboradores.** Tirapu-Ustárrroz et al. (2017), a partir del análisis de múltiples estudios soportados en análisis factoriales, identifican varios componentes de las EF, cada uno asociado con diferentes aspectos del control cognitivo, la toma de decisiones, la planificación, y la regulación del comportamiento. A continuación, se presentan de forma sintetizada:

***Velocidad de procesamiento.*** Refiere a cuánta información puede ser procesada en un tiempo determinado.

***Memoria de trabajo.*** Relacionada con la capacidad de mantener y manipular información.

***Fluidez verbal.*** Implica recuperar información de la memoria semántica y aplicar estrategias para buscar palabras.

***Inhibición.*** Se relaciona con el control de la interferencia y la selectividad en la atención.

***Ejecución dual.*** Consiste en la capacidad de realizar dos tareas a la vez.

***Flexibilidad cognitiva.*** Se refiere a la habilidad de adaptarse a nuevas situaciones y a los cambios.

***Planificación.*** Hace referencia a la realización de ensayos mentales que analizan posibles soluciones y sus consecuencias, antes de ejecutar la respuesta.

***Toma de decisiones.*** Vincula emociones en un proceso cognitivo que deriva en la elección. Los autores también hacen alusión a EF frías y calientes, siendo esta particularmente asociada con la última categoría.

**Paradigmas multitarea.** Relevantes en la práctica clínica, reflejan EF en situaciones similares a la vida real. “*Un aspecto fundamental de la ejecución exitosa de este tipo de tareas es la habilidad para crear y activar en el momento oportuno ‘intenciones demoradas’ (delayed intentions).*” (p. 75).

A pesar de que cada uno de estos modelos ha proporcionado aplicaciones útiles y ha facilitado e influyendo en la investigación del comportamiento y las neurociencias (e.g. Carbine et al., 2017; Crush y Loprinzi, 2017; Phillips et al., 2021), aún no existe un consenso general en la teoría de las EF. Esta falta de acuerdo puede ser atribuible a los alcances y las limitaciones inherentes a los modelos disponibles. Por ejemplo, Glisky et al. (2020) demuestra cómo los cambios ontogénicos en los individuos sugieren que modelos como el de Miyake y Friedman (2012) podrían ser aplicables solo en niños y jóvenes, dado que el porcentaje mayoritario de individuos analizados en la construcción de este modelo corresponden con estas características. Asimismo, al analizar el modelo de Zelazo (2020), es necesario considerar que este se fundamenta en el desarrollo de los individuos y poblaciones con psicopatología y ofrece una integración limitada de datos relativos a etapas más avanzadas de la vida en sujetos sin diagnóstico asociados con salud mental.

Además, según nuestro conocimiento, son escasos los estudios que han intentado explicar la relación entre EF y salud basándose en un modelo integrador. Por ejemplo, uno de los escasos estudios realizados en esta línea es un metaanálisis de Gray-Burrows et al. (2019), el cual exploró la relación entre las EF, enmarcadas en el modelo de Miyake y Friedman (2012), y comportamientos vinculados a la salud, revelando una conexión poco robusta.

A continuación, se detallan aquellas EF que han sido más estudiadas en el contexto de la salud (e.g. Gray-Burrows et al., 2019; Kharabian-Masouleh et al., 2016; Sellaro y Colzato, 2017; Yang et al., 2018) y por ende pertinentes para el presente trabajo.

### ***Control Ejecutivo y su Evaluación.***

Múltiples habilidades cognitivas se desarrollan durante la niñez y la adolescencia, sin embargo, la capacidad para inhibir información irrelevante y atender la relevante parece subyacer a la mayoría de los procesos cognitivos en desarrollo afectando incluso el aprendizaje social (Gómez-Pérez et al., 2003). Algunos de los términos más relacionados con este proceso son control ejecutivo, control inhibitorio, regulación de la conducta, control cognitivo y control de impulsos, que, si bien pueden presentar diferencias en función de la investigación o autor, para los fines competentes con el objetivo de la presente investigación nos referiremos a este constructo y procesos implicados como “Control Ejecutivo” (EC por sus siglas en inglés). El de EC implica no solamente la capacidad de supresión de respuestas o inhibición, sino, la capacidad de monitoreo y resolución de conflictos, participando en la gestión de recursos personales (Ye y Zou, 2009).

La capacidad para inhibir información irrelevante ya sea que esta provenga del organismo o su medio, parece estar implicada en el desarrollo de otras EF como la atención o la memoria de trabajo. Esta capacidad está fuertemente relacionada con la adaptación social y resolución de problemas, de modo que alteraciones en ésta se pueden observar en distintos trastornos. Por ejemplo, el síndrome de Tourette o el Trastorno por Déficit de Atención se caracterizan por un componente común, que tiene que ver con la asignación de recursos

atencionales por parte del organismo, con un deterioro en el bloqueo de la información interferente (Gómez-Pérez et al., 2003).

Braver y Barch (2002) proponen que el constructo de EC engloba la representación neurocognitiva del contexto, el mantenimiento de ésta, así como la capacidad de actualización.

El tipo de tareas utilizado para evaluar esta función implica que la persona suprima una respuesta automática o condicionada y dé una distinta, como es el caso de pruebas como las tareas *Go-No Go*, en las que el participante emite una respuesta cada que se presenta a estímulos correspondientes a una categoría (e.g. animales, letras, etc.) y cuando se presenta un estímulo específico a la misma categoría (e.g. puerquito en el caso de animales, letra "X" en el caso de letras) el participante deja de responder (Willoughby et al., 2018). Sin embargo, estas tareas se enfocan principalmente en el componente inhibitorio.

Otra tarea para la evaluación del EC es la prueba de Stroop desarrollada por J. Ridley Stroop (1935). La versión original está compuesta por tarjetas con 100 estímulos, que hacen referencia, a colores y pueden o no ser compatibles con el color en el que están impresas o coloreadas las palabras. En la forma de respuesta más común en la prueba de Stroop se le pide al participante que nombre el color de la tinta en el que está impresa la palabra, ignorando el significado textual de la palabra misma. Esta tarea requiere inhibir una respuesta automática (leer la palabra) en favor de una menos intuitiva (nombrar el color de la tinta), evidenciando así la capacidad de inhibición del individuo y dirección del comportamiento (Martín et al., 2012).

La prueba de Stroop, conocida por evaluar el EC, tiene varias modalidades. Una de estas es el Stroop emocional (Feng et al., 2018), donde los participantes nombran el color de palabras con distintas valencias emocionales, ya sea positiva (como "alegría"), negativa (como "muerte")

o neutra (como "piso"). En general, las palabras neutras suelen tener una respuesta más rápida, lo que respalda la idea de un factor inhibitorio y gestión de recursos en la función ejecutiva.

Además, se han desarrollado versiones electrónicas de la prueba, como el software Tastiva (Scurtu et al., 2016). En este programa, los participantes responden a palabras mostradas en la pantalla presionando botones etiquetados con colores. En una demostración con varias fases, algunas palabras eran neutras (como "bolsa"), mientras que otras tenían un fuerte contenido sexual. Notablemente, las palabras con contenido sexual mostraron respuestas más lentas. El uso de estas herramientas electrónicas permite una mayor flexibilidad en la presentación de estímulos y controla mejor las variables, minimizando errores humanos.

Coelli et al. (2016) desarrollaron y evaluaron un protocolo computarizado para la prueba de Stroop, que consta de tres fases. En la primera y segunda fase, se presentan palabras y barras de colores, respectivamente, y el participante debe presionar un botón con la etiqueta del color correspondiente. En la tercera fase, los estímulos presentan una incongruencia entre la etiqueta verbal de la palabra y su color, y el participante debe responder al botón correspondiente a la palabra y no a su color. Aunque el tiempo de respuesta no está limitado, el sistema demostró ser tan efectivo como la versión en papel, tanto en facilidad de uso como en precisión de registros.

### ***Flexibilidad Cognitiva y su Evaluación.***

De acuerdo con Yang et al. (2018), una de las EF más importantes es la flexibilidad cognitiva (CFL por sus siglas en inglés). Este constructo hace referencia a la habilidad para cambiar la dirección de la atención, así como las reglas de adaptación a distintas situaciones. La CFL posibilita a la persona desvincularse de una tarea previa y utilizar un nuevo set de respuestas en

una tarea presente, por lo que permite al individuo una adaptación y respuesta eficientes ante ambientes cambiantes (Dajani y Uddin, 2015).

La CFL está relacionada con la toma de decisiones, de modo que la primera antecede a la segunda y la modifica (Laureiro-Martínez y Brusoni, 2018). Así decidir estratégicamente implica una reacción diferente para distintos tipos de problemas, involucrando por ende la CFL. Por ejemplo, es deseable una reacción rápida ante problemas bien estructurados y con alternativas conocidas, mientras que para problemas poco estructurados con opciones dudosas o desconocidas es más benéfico reflexionar, analizar y deliberar de forma previa a la respuesta (Laureiro-Martínez y Brusoni, 2018).

Una de las pruebas más utilizadas para evaluar la CFL es la prueba de cartas de Wisconsin (e.g. Días et al., 2015; Miles et al., 2021). Esta prueba consta de 128 cartas, compuestas de la combinación de 3 atributos correspondientes a forma, color o número de elementos. Los participantes deben clasificar estas cartas según un criterio que no conocen de antemano. Aunque desconocen el criterio, se les proporciona retroalimentación después de cada elección, indicando si fue 'correcto' o 'incorrecto'. Una vez que logran cierto número de clasificaciones correctas consecutivas, lo que sugiere que han identificado el criterio, este cambia sin previo aviso. Los parámetros de evaluación incluyen tiempo, número de aciertos y errores perseverativos. La prueba concluye cuando se alcanzan nueve criterios o se han usado todas las cartas.

La CFL, como el resto de las EF, muestran variaciones dependientes de la edad, y en la infancia se ha reportado correlación con la inteligencia y con reportes parentales de desarrollo cognitivo (Lung et al., 2018). Esta función ejecutiva presenta un deterioro importante en adultos

mayores relacionado con envejecimiento cerebral (Berry et al., 2016). Aunado a lo anterior, muestra diferencias dependientes del género biológico, como una mayor velocidad de respuesta en ensayos con acierto en hombres y un efecto en la ejecución vinculada a la interferencia ante la exposición concomitante de música (Feizpour et al., 2018).

### ***Planeación y su Evaluación.***

La planeación es definida como la formulación, evaluación y selección de secuencias de pensamientos o acciones para el logro de una meta (Yang et al., 2018), ello implica una serie de otras competencias ejecutivas como la CFL, memoria de trabajo o EC, ya que la eficiencia y efectividad de un plan dependen de su mantenimiento y *estrategia*, pero también de la capacidad del organismo para adaptarse a los cambios o imprevistos (Georgiou et al., 2017). La capacidad de planeación suele modificarse a lo largo de la vida (e.g. Lozano y Ostrosky, 2011)

De acuerdo con Georgiou et al. (2017), la prueba más comúnmente utilizada para medir planeación es la denominada Torre de Londres que es una variación de la Torre de Hanói. Los autores evaluaron a 109 participantes de aproximadamente 20 años, utilizando una versión computarizada, concluyendo que la mecánica requerida para resolverla permite una adecuada evaluación de la capacidad de planeación ya que implica la integración de varios pasos en un proceso coherente y flexibilidad para alcanzar la solución, así como factores asociados a operaciones, estrategias y tácticas.

La torre de Hanói se conforma de una base de madera con tres estacas y tres o cuatro fichas de distinto tamaño, las fichas se encuentran inicialmente ensartadas en una misma estaca organizadas en orden ascendente de la más grande a la más pequeña. El participante debe

trasladar una configuración en forma de pirámide de un extremo de la base al otro moviendo las fichas por las estacas intentando usar el número mínimo de movimiento (Flores et al., 2014) Siguiendo tres reglas: sólo se puede mover una de las fichas a la vez, una ficha más pequeña no puede estar debajo de una ficha más grande y siempre que se tome una ficha, ésta debe colocarse en una estaca antes de tomar otra.

Varios autores (e.g. Injoque-Ricle et al., 2017; Michalec et al., 2017), coinciden en que a pesar de que existen distintas versiones de la Torre de Londres, todas requieren que el participante logre idear un plan previo.

Esta prueba permite analizar distintas medidas como: número de movimientos requeridos para resolver la tarea, tiempo antes de realizar el primer movimiento (tiempo de planeación), tiempo requerido durante los movimientos, transgresiones a las reglas, etc. (algunos ejemplos de la medición en esta tarea los podemos observar en Restrepo et al., 2017).

### ***Elección Riesgo y Beneficio y su Evaluación***

Para los fines de la presente investigación, esta función ejecutiva se define como la capacidad del sujeto para responder en función de la posibilidad y magnitud del reforzamiento, así como de la pérdida o riesgos en una contingencia (ver revisión por Crone et al., 2016).

El estilo particular que cada individuo muestra ante la posibilidad de elegir entre diversas opciones está mediado por la percepción que se tiene de las contingencias costo-beneficio de cada opción. Existen diversas aproximaciones al estudio de este fenómeno, que van desde aproximación bajo perspectivas interconductuales como la propuesta de Ribes (2009), que indica que esta característica corresponde a uno de varios estilos interactivos, los cuales implican una

relativa consistencia en la respuesta del individuo a través del tiempo ante estructuras o arreglos contingenciales con características específicas, a partir de lo anterior este autor define al riesgo “...como la tendencia a responder en la opción más incierta respecto de una opción relativamente constante” (p. 155), típicamente la primera sería de mayor magnitud que la segunda.

Existen diversas pruebas que evalúan esta capacidad o tendencia en la elección, un ejemplo de ello es el “Test de cartas Iowa” que, dependiendo de la versión, puede tener 4 (Brevers et al., 2013) o 5 mazos de cartas (Flores et al., 2014). La prueba requiere que los participantes tomen cartas de los mazos, las cartas conllevan ganancia o pérdida de dinero o puntos, algunos mazos presentan cartas con poca ganancia y cartas con poca pérdida, siendo estos los que a largo plazo generan en sumatoria mayor ganancia y algunos mazos generan altas ganancias y elevadas pérdidas generando poca, nula o incluso negativa ganancia acumulada a largo plazo. Dependiendo de la versión, el evaluado es cuestionado respecto de su resultado en términos de ganancia ya sea en varios puntos de la evaluación o al final de esta, con el objetivo de evaluar el desarrollo de la conciencia de las reglas implícitas en la tarea (Ouerchefani et al., 2018).

La "Tarea de riesgo del globo análogo", conocida por sus siglas en inglés como BART, es un interesante método de evaluación propuesto por Blair et al. (2018). En esta tarea, los participantes se enfrentan a un dilema. Se les presenta con dos globos de colores distintos en secuencias aleatorias. La meta es simple: inflar cada globo tanto como sea posible para ganar la mayor cantidad de puntos. Mientras más inflan el globo, más puntos ganan, pero también aumenta la probabilidad de que el globo explote. Y si explota, todos los puntos acumulados se pierden. Uno de los globos lleva el título de "alto riesgo", ya que puede estallar inesperadamente

entre la primera y la 32ª vez que se infla. El otro, en cambio, es un poco menos riesgoso, con un rango de explosión entre la primera y la 128ª inflada. Cada vez que termina un ensayo, el total acumulado de puntos se revela al participante, añadiendo una capa de anticipación y estrategia a la tarea. En esencia, BART es un juego de equilibrio entre la recompensa y el riesgo, poniendo a prueba la toma de decisiones del individuo y su tolerancia al riesgo.

### ***Memoria de Trabajo y su Evaluación.***

La memoria de trabajo (WM por sus siglas en inglés) implica la capacidad de retener y manipular información (Yaple y Arsalidou, 2018), lo que ha llevado a que la WM haya sido referida como el pizarrón de la mente (Canet y Burín, 2016). Algunos autores consideran que este constructo está compuesto de un ejecutivo central que dirige la atención hacia la información a procesar de modo que depende a su vez del EC, ésta relación permite controlar y coordinar varios sistemas subsidiarios, los sistemas subordinados más estudiados corresponden a un componente de análisis de actividad verbal llamado bucle fonológico y otro componente que analiza la información visual llamado agenda visoespacial (Baddeley, 1999, citado en Alsina y Saiz, 2003).

Existen diversas pruebas para valorar esta función que se basan en la repetición inversa de cierta información, como lo es la prueba denominada Cubos de Corsi, o la repetición de una serie de dígitos en el orden inverso al que se proporcionaron (Guevara et al., 2014).

Otro tipo de pruebas implican retener información (letras, palabras, números, etc.) mientras se realiza un proceso secundario al mantenimiento en memoria del primero (e.g., realizar una operación matemática, responder una pregunta, etc.) (Bomyea et al., 2017). A este

tipo de pruebas corresponde una modalidad llamada N-BACK que requieren la memorización de información en series de estímulos. En esta prueba los participantes tienen que indicar si el estímulo presente es igual al del momento anterior, esta prueba se puede configurar de modo tal que el participante tenga que indicar si el estímulo actual se encontraba 2, 3, o 4 posiciones atrás (Bopp y Verhaeghen, 2018). Este tipo de tareas implican una demanda importante de atención, procesamiento de información y EC (Bomyea et al., 2017) y son afectadas por la edad y presentan deterioro por envejecimiento (Bopp y Verhaeghen, 2018).

### **Tabla 2.1.**

*Descripción breve de las funciones ejecutivas comúnmente evaluadas y reportadas en la bibliografía.*

<b>Función ejecutiva</b>	<b>Descripción</b>
Control ejecutivo	Supervisión y regulación de otras funciones ejecutivas como el control de respuestas impulsivas y la gestión de estímulos irrelevantes, respuestas automáticas o condicionadas, ajustes en el comportamiento independiente de la consecuencia inmediata.
Planeación	Formulación, evaluación y selección de secuencias de pensamientos o acciones para el logro de una meta.
Flexibilidad cognitiva	Habilidad para cambiar la dirección de la atención, así como las reglas de adaptación a situaciones cambiantes, generación de opciones múltiples de respuesta ante la misma contingencia.
Elección en Riesgo	La capacidad para modular su elección en la relación entre las ganancias y pérdidas que presenta un grupo de opciones.
Memoria de trabajo	Monitoreo, actualización y manipulación de la información en memoria.

*Notas:* La tabla muestra de forma sintética las definiciones de las EF usadas en la presente investigación.

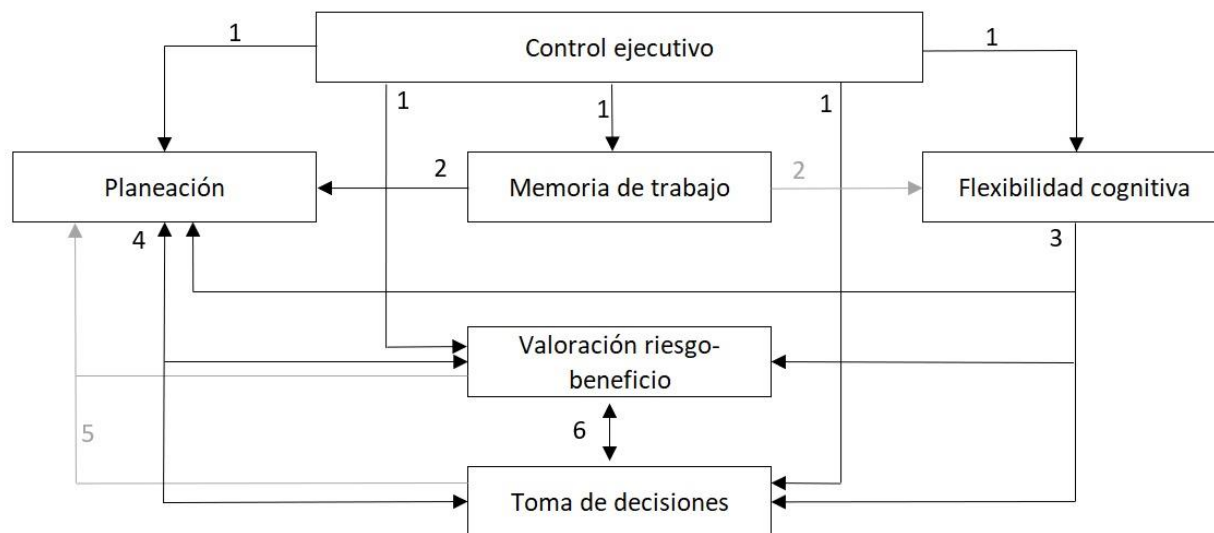
Es importante considerar, que las denominadas EF son constructos hipotéticos, inferidos de la observación y registro conductual ante tareas o condiciones específicas, en la mayoría de

los autores revisados (Albert y Steinberg, 2011; Aston-Jones et al., 1999; Berry et al., 2016; Bomyea et al., 2017; Flores y Ostrosky-Solís, 2008; Floresco y Magyar, 2006; Laureiro-Martínez y Brusoni, 2018; Morra et al., 2018; Ouerchefani et al., 2018; Stuss, 2011). Es importante señalar que, al asumir las EF como abstracciones, es posible identificar, interrelaciones entre éstas.

Como se ha mencionado anteriormente, existen múltiples modelos integradores de las EF, cada uno con sus contribuciones y limitaciones. Ajustar el propósito de la presente investigación a un solo modelo presenta dificultades importantes. Por lo tanto, como complemento a lo previamente discutido, a continuación, se ofrece una síntesis descriptiva de las relaciones más frecuentes y relevantes encontradas empíricamente, sobre las cuales se infiere el rol relacional entre las EF, basada en la literatura existente y dando prioridad a aquellas más examinadas en investigaciones sobre EF y salud (ver Figura 2.1).

**Figura 2.1.**

*Interrelación entre Funciones Ejecutivas.*



*Nota.* La figura se desarrolla con base en la bibliografía revisada en el correspondiente apartado (elaboración propia). Las flechas representan la dirección de la relación entre distintas EF, de modo que algunas funciones como el EC preceden a otras. Las líneas grises representan relaciones débiles, mientras que las líneas negras representan las relaciones más fuertes.

Como se puede observar en la Figura 2.1, las líneas señaladas con el número 1 indican que el EC parece tener un papel precedente y modulador en relación con las demás EF. El EC es la capacidad del organismo para regular su propio procesamiento, coordinando demandas competitivas y gestionando otras funciones cognitivas, como la WM. Esta comprensión es vital para entender los mecanismos de autorregulación conductual (Eisenreich et al., 2017).

Vandierendonck (2016) describe esta función ejecutiva de la siguiente manera: "...el EC se sitúa en el contexto de un comportamiento dirigido a un objetivo para mantener y proteger el objetivo y para seleccionar una acción para alcanzar dicho objetivo" (Traducido del inglés p. 74, Vandierendonck, 2016). Como se mencionó anteriormente, el EC engloba la representación

neurocognitiva del contexto, su mantenimiento y capacidad de actualización (Braver y Barch, 2002). De esta forma, se ha propuesto que el EC es responsable de coordinar y regular el desempeño de las EF restantes por lo que presenta un papel crucial en la adaptación del organismo en situaciones complejas o que requieren autorregulación (Diamond, 2013). Por ejemplo, la capacidad de planeación depende del EC, debido a que el logro de la meta planeada comúnmente requiere la capacidad de inhibir respuestas impulsivas y de mantener el enfoque en el objetivo final, la WM depende de la capacidad inhibitoria para eliminar o evitar información irrelevante y operar de forma eficiente y la CFL requiere que el organismo inhiba el patrón previo y automatizado para poder generar otro alterno (Diamond, 2013).

Por su parte, las líneas marcadas con el número 2 (Figura 2.1) muestran la manera en la que la WM influye en la capacidad de planeación y de forma secundaria en la CFL. En primer lugar, la WM en condiciones experimentales, implica respuestas con una capacidad marcadamente limitada respecto de la cantidad de información manipulable, de tal manera que los límites observados en el desempeño del organismo en tareas atribuidas a este constructo han resultado ser un factor importante en la predicción de la capacidad para realizar a su vez, otras tareas, como la planificación (Baddeley, 1992; 2012). La WM implica la capacidad de retener y manipular temporalmente en el orden de decenas de segundos (Baddeley, 2012), información relevante para la tarea en cuestión, y de acuerdo con Miyake et al. (2000), se ha demostrado que una mayor capacidad de WM se correlaciona con una mejor capacidad de planificación y ejecución de tareas complejas. Por otra parte, Diamond (2013) explica que la CFL depende de la WM para gestionar un plan nuevo ante el cambio en las contingencias. De tal manera, que la

disponibilidad de recursos cognitivos, atribuibles a la WM está directamente vinculada para la generación de ideas o soluciones (Sweller et al., 2011).

Como lo muestran las líneas marcadas con el número 3 (en la Figura 2.1), la CFL desempeña un papel regulador en la toma de decisiones y en cómo se valora la relación entre riesgo y beneficio. Es una función ejecutiva que permite ajustar la conducta y el pensamiento en respuesta a demandas situacionales cambiantes y está estrechamente vinculada con la valoración del riesgo y beneficio y la toma de decisiones (constructo sustentado en la observación del comportamiento en tareas de elección). Según Miyake et al. (2000), la CFL se asocia con la capacidad de cambiar entre tareas y adaptarse a situaciones nuevas, lo que la hace especialmente relevante en entornos cambiantes y en la valoración de riesgos y beneficios en la toma de decisiones, así como en los ajustes requeridos para la ejecución de un plan. Adicionalmente, la CFL tiene un papel crucial en la regulación del nivel de ansiedad y el procesamiento de la información relacionada con la amenaza, influyendo en la forma en que se valora la relación riesgo y beneficio y, en consecuencia, la toma de decisiones (Eysenck et al., 2007).

Las líneas marcadas con el número 4 muestran que la capacidad de planeación regula la manera en cómo se toman decisiones y, como se valora la relación riesgo y beneficio, en un proceso interdependiente. La planeación se relaciona con la capacidad de llevar a cabo tareas complejas y de alcanzar metas a largo plazo. La planeación involucra una serie de componentes, tales como la definición de objetivos, la identificación de recursos necesarios, la selección de estrategias y la evaluación de resultados (Diamond, 2013). Así, la habilidad de planificar se encuentra estrechamente relacionada con la capacidad de tomar decisiones, ya que el proceso de planeación requiere una evaluación cuidadosa de los riesgos y beneficios asociados con cada

opción disponible, implicando un ajuste flexible a los cambios. La ejecución del plan depende de la toma de decisiones durante este y en cómo estas se orienten al objetivo. De acuerdo con Kahneman (2011), los individuos toman decisiones en función de su percepción de riesgo y la ganancia.

Por otra parte, como lo muestran las líneas marcadas con el número 5, la sensibilidad del organismo a los componentes en una condición de elección (i.e. posibilidad y magnitud del reforzamiento vs la posibilidad y magnitud de la pérdida), afecta el tipo de respuesta o decisión que se tome (ver revisión por Crone et al., 2016). Estos a su vez, inciden en los ajustes que el organismo hace en la conducta que opera en función de un plan. Esto último, tiene implicaciones metodológicas, debido a que da indicios de que cambios en la estructura contingencial de las tareas que se utilizan en la evaluación de las EF puede afectar la respuesta de los organismos, haciendo incompatibles los hallazgos obtenidos en otras condiciones situacionales. Finalmente, la línea número 6 muestra que podemos considerar que la tendencia en la respuesta del organismo ante condiciones de riesgo está estrechamente vinculada o es en sí una tendencia en el patrón de toma de decisiones (ver Diamond, 2013).

Dado que son pocos los modelos que asumen la toma de decisiones como EF, para los objetivos del presente trabajo y en línea con lo propuesto por Diamond (2013), se asume esta como la respuesta de elección ante condiciones particulares, que deriva en parte o es modulado por diversas capacidades ejecutivas.

En resumen, este capítulo explora la cognición y su variabilidad individual, enfocándose en las EF, claves en la adaptación ambiental. Las EF incluyen EC, WM, CFL y planeación, vinculadas a la maduración de la corteza prefrontal. Se revisan modelos teóricos de las EF de

Miyake, Zelazo y Tirapu-Ustárroz, destacando la falta de un modelo apropiado para explorar su relación con la salud. Se realiza una síntesis de las relaciones entre las EF relevantes para el trabajo. Se visibiliza que las EF, inferidas de la conducta en tareas específicas, operan interdependientemente.

### Capítulo 3: Organización de la Corteza Prefrontal y las Funciones Ejecutivas

Las EF y el funcionamiento de los lóbulos frontales presentan una relación muy estrecha. Esta relación ha sido identificada a partir de pacientes con daño cerebral (e.g. Flores y Ostrosky-Solís, 2012; Gable et al., 2017) y su relación ha sido analizada desde la perspectiva de la adaptación en distintas facetas o condiciones específicas de la vida humana (Nigg, 2016). La dinámica entre EF y neurofisiología es bidireccional, de modo que la adquisición de funciones induce cambios neurofisiológicos y cambios neurofisiológicos posibilitan o afectan funciones (ver Haken, 2013; Thompson y Thompson, 2015).

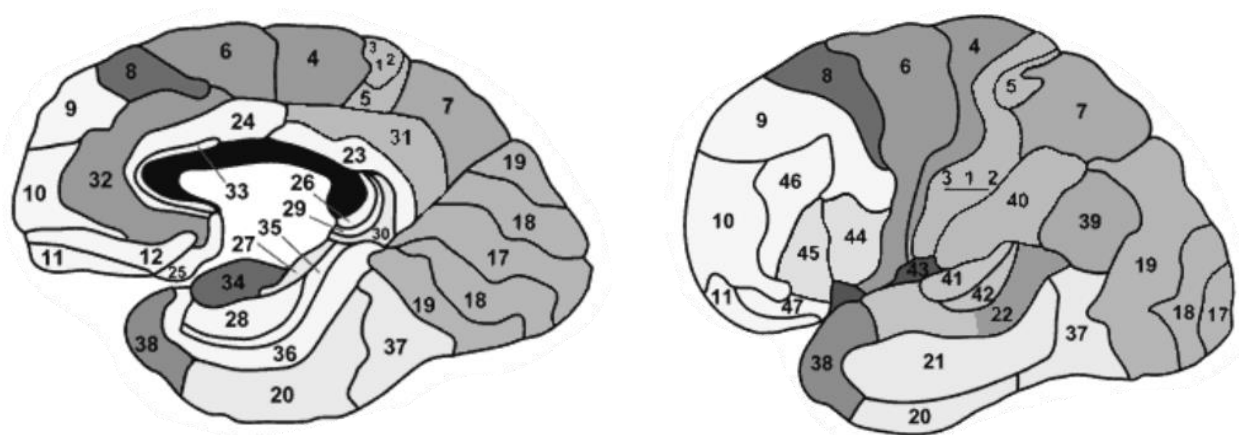
Evolutivamente hablando, el cerebro de los primates ha experimentado un desarrollo filogenético notablemente más intrincado en comparación con otros mamíferos, y entre estos primates, es el ser humano quien ostenta la máxima complejidad. Por ejemplo, el cerebro de los primates presenta una mayor proporción entre el volumen del neocórtex y la médula, relacionándose esto a su vez con el tamaño del grupo social de promedio de la especie y la complejidad de las interacciones sociales. Lo anterior sugiere una mayor demanda en cuanto a retención e inhibición de información, identificación de señales conductuales, teoría de la mente (interpretación de intenciones a partir del comportamiento de otros), entre otras competencias o demandas en la compleja interacción social que presentan los primates. A esta propuesta teórica se le ha denominado la “hipótesis del cerebro social” (Dunbar, 1998; Dunbar y Shultz, 2007).

Así, el cerebro humano presenta particularidades en comparación del resto de los vertebrados debido a que es el que muestra mayor complejidad en el neocórtex, especialmente en la corteza prefrontal (PFC por sus siglas en inglés). La PFC comprende tres subdivisiones básicas, la corteza orbital frontal (ver figura 3.1, Áreas de Brodmann totales o parciales: 10, 11,

12, 14, 25 y 47) la cual al ser alterada genera cambios dramáticos en la personalidad. La región medial (Áreas de Brodmann totales o parciales: 8, 9, 10, 11, 12, 24, 25 y 32, ver figura 3.1) que involucra funciones como motilidad, motivación, atención y emoción, y la corteza dorsolateral (Áreas de Brodmann totales o parciales: 8, 9, 10, 11, 46 y 47, ver figura 3.1) participa de manera importante en ejecución del comportamiento complejo, organización de la conducta e incluso aspectos del habla, siendo esta la última estructura exclusiva de los primates (ver Agrawal et al., 2020; Stuss, 2011).

### Figura 3.1.

*Localización visual de las áreas de Brodmann.*



*Notas:* Área de Brodmann (AB), las siguientes AB son correspondientes a la corteza prefrontal: AB 8 = Corteza motora secundaria, AB 9 Corteza prefrontal dorsolateral/anterior, AB 10 = polo frontal, AB 11= orbitofrontal, AB 12= orbitofrontal, AB 13 y 14 = Corteza insular, AB 24 = Corteza cingular ventral anterior, AB 25 = Área subgenual, AB 32 = Corteza cingular dorsal anterior, AB 46 = Corteza prefrontal dorsolateral, AB 47 = Porción orbitaria, parte del giro frontal inferior. Adaptado de Agrawal et al. (2020, p 63).

De acuerdo con Stuss (2011), los lóbulos frontales son bastante extensos, 23-35% de la corteza total, incluyendo 15 áreas de Brodmann. Cada área de Brodmann con cierta especificidad arquitectónica y muchas de ellas con conectividad específica con regiones no frontales.

Por otra parte, Álvarez y Emory (2006), realizan una integración teórica en la que las tres subdivisiones de la PFC (la corteza dorsolateral, la corteza ventromedial y la corteza orbitofrontal) participan de manera importante en el desempeño de las EF: La corteza dorsolateral por su parte ha sido vinculada a fluidez tanto verbal como no verbal (diseño generalmente de dibujos), flexibilidad (mantenimiento y cambio en la respuesta en función de la contingencia), planeación, inhibición, WM, organización, razonamiento, resolución de problemas y pensamiento abstracto.

En esta integración teórica los autores destacan que las técnicas de imagenología cerebral han evidenciado la activación de ciertas áreas durante la aplicación de la prueba de cartas de Wisconsin, diseñada para evaluar la CFL. Aunque se observa una interacción con zonas frontales, esta prueba también involucra la actividad de regiones no-frontales, como la corteza parietal inferior, las regiones temporo-parietal y temporo-occipital.

Por otra parte, el circuito ventromedial (incluye el cíngulo anterior y tiene proyecciones con el núcleo accumbens) se relaciona con motivación, de modo que lesiones en esta región producen apatía, disminución de la interacción social y retardo en la respuesta psicomotora. De acuerdo con Álvarez y Emory (2006), varios estudios coinciden en la activación del cíngulo anterior y el giro frontal-medio ante la utilización de la prueba de Stroop.

Finalmente, la corteza orbitomedial, presenta proyecciones con el núcleo caudado ventromedial, está vinculada con la regulación social del comportamiento, de modo que lesiones en esta área se derivan en desinhibición, impulsividad y conducta antisocial.

Respecto a la relación entre la PFC y las EF, Stuss (2011), refiere tres procesos globales que se pueden alterar por distintas estructuras (energización, monitoreo y la configuración de tareas). Respecto a la energización, pacientes con afectaciones en la región dorsomedial (BA 24, 9 y 6 principalmente) muestran una dificultad para mantener la ejecución de la tarea, dicho deterioro en algunas pruebas (e.g. fluidez, respuesta a señales de advertencia) puede observarse en el orden de segundos o decenas de segundos. Los pacientes con daño en la región lateral derecha (BA: 44,45, 46, 9, 9/46, 47/12) presentan un incremento en la variabilidad de la respuesta y en la cantidad de todo tipo de errores en la ejecución de diversas tareas asociadas con las EF (e.g. planeación, organización, inhibición). Además, presentan dificultades para llevar la cuenta de estímulos en tareas de rápida presentación, lo que lleva a la consideración de un deterioro en la capacidad de monitoreo.

En tercer lugar, pacientes con daño en la corteza lateral izquierda presentan dificultades al establecer criterios lógicos de discriminación y ajuste de la programación de contención, lo que deriva en una cantidad incrementada de falsos positivos (errores de comisión) en cualquier tarea presentada (típicamente tareas de atención y relacionadas con las EF).

Otras funciones de los lóbulos frontales tienen que ver con la autorregulación emocional y del comportamiento. Daño en la corteza ventromedial (BA: 32, 25, 24, 14, 13, 12, 11), se ha relacionado con dificultades en integrar aspectos motivacionales, relaciones riesgo y beneficio, aspectos sociales y emocionales del comportamiento, típicamente se utilizan tareas de engaño,

apuestas o empatía, en las que se contempla el proceso y dificultades en la evaluación riesgo y beneficio del participante u otros (Stuss, 2011).

Por otra parte, en relación con la autorregulación emocional y del comportamiento, Cohen et al. (2000), analizan la habilidad de guiar el pensamiento y la acción de acuerdo con intenciones internas y proponen que esta capacidad se encuentra detrás de muchas de las funciones cognitivas superiores que nos hacen humanos. Los autores señalan el alto involucramiento neurofisiológico de la corteza prefrontal en esta función. A su vez, esta función depende de dos procesos: el monitoreo que implica la identificación por parte del sujeto del error o fallo funcional y la asignación, que implica el ajuste en la respuesta.

Así, de acuerdo con esta propuesta teórica, el monitoreo depende de las estructuras frontal-mediales, en particular de la corteza cingulada anterior (ACC, por sus siglas en inglés), la cual detecta el conflicto, lo que puede ser puntualizado en función de la relación estímulo- estímulo, estímulo- respuesta, respuesta-respuesta. Por su parte, la asignación depende de la corteza prefrontal dorsolateral (DPFC, por sus siglas en inglés) a partir de la representación de las demandas de la tarea, lo que implica el atender a un estímulo objetivo o a una dimensión particular del estímulo.

De modo que el daño en la PFC debilita la representación de las demandas de la tarea lo que incrementa el conflicto incluso ante contingencias funcionalmente congruentes (e.g. aciertos). Cohen et al. (2000), señalan el hecho, de que si bien, la interdependencia funcional de estas dos estructuras deriva en cierta autorregulación del comportamiento, existen más relaciones neurofisiológicas implicadas en los procesos de control conductual. En este aspecto, el control que depende de la interacción ACC-PFC, estaría fuertemente relacionado con la atención

selectiva, al permitir la discriminación de información o características relevantes y por ende la supresión de las respuestas vinculadas con información irrelevante.

**Tabla 3.1.**

*Funciones de las áreas frontales.*

Área / Zona	Función	
Dorsomedial	Mantenerse en la tarea	
Dorsolateral derecha	Dirección de la conducta, seguimiento de instrucciones.	Monitoreo, fluidez, planeación, memoria de trabajo, inhibición, organización, razonamiento, resolución de problemas y pensamiento abstracto, control cognitivo.
Dorsolateral izquierda	Discriminación, representación y mantenimiento del contexto.	
Ventromedial	Motivación, relaciones riesgo-beneficio.	Automonitoreo
Orbitofrontal	Regulación social del comportamiento, inhibición	

*Nota.* Esta tabla condensa la relación identificada entre ciertas subdivisiones de la corteza (elaboración propia).

Las porciones de la PFC presentan subdivisiones que pueden ser diferenciadas por su conectividad y de manera funcional. Particularmente la PFC se puede dividir en porción ventrolateral, la cual estaría principalmente relacionada con selección y recuperación de información y la porción dorsolateral, participa planeación, monitoreo, manipulación e integración de componentes de información (Tanji y Joshi, 2008).

A pesar de los alcances actuales de la neuroanatómica, existen problemas en el establecimiento de la relación estructura-función en el estudio de la corteza frontal. La literatura sobre las EF y sus correspondencias neurofisiológicas presenta abundantes imprecisiones. Esto debido al hecho de que las inferencias correspondientes han provenido en muchos casos exclusivamente del estudio de pacientes con lesiones que abarcan varias estructuras, deterioros

cognitivos y comorbilidades. De tal forma, que se debe considerar en la evaluación de las EF, que impedimentos en distintos procesos, pueden derivar en resultados experimentales similares. Adicionalmente, la evidencia actual apunta a que el asumir una relación pura o directa entre una región o estructura cerebral y una función refleja una baja comprensión en la interacción entre las distintas estructuras y funciones (Weissenbacher, 2014) y considerar que las correspondencias entre las funciones y el sustrato neurológico pueden cambiar a lo largo de la vida, por ejemplo, Bathlet et al. (2017), evaluaron a 153 niños de entre 5 y 15 años, aplicando pruebas de WM y resonancia magnética, encontraron que en los niños más pequeños el desempeño en esta función dependía, particularmente de la participación del cuerpo caloso y la materia blanca de la región temporal posterior, mientras que en niños mayores o adolescentes se encontró una relación inversa entre el espesor de la corteza occipito-temporal. Por otra parte, en adultos de 21 años en promedio se ha observado la participación de la región prefrontal en la codificación (específicamente corteza de cíngulo y cerebelo), y las regiones parietal y occipital de la evocación (Bomyea et al., 2017).

## **El Rol de la Dopamina y Noradrenalina en la Regulación de la Corteza Prefrontal y**

### **Funciones Ejecutivas**

Dembrow y Johnson (2014) señalan que la correcta dirección del comportamiento por la PFC se basa en la acción de neurotransmisores. La actividad neuroquímica media las EF del cerebro. Un funcionamiento adecuado de la PFC requiere un equilibrio preciso de neurotransmisores, sus receptores y su interacción con otras sustancias. Pequeños cambios pueden resultar en grandes cambios en las respuestas del organismo. Entre los neurotransmisores clave para las EF y

relevantes para este estudio están la Noradrenalina o Norepinefrina (NA) y la Dopamina (DA). Según Dembrow y Johnson (2014), la habilidad de la PFC para guiar y regular el comportamiento está estrechamente ligada a la acción de los neurotransmisores. Así, la neuroquímica cerebral juega un papel mediador fundamental en las EF en su conjunto. Los datos históricos sugieren que un rendimiento adecuado de la PFC se asienta sobre un delicado equilibrio en la concentración de neurotransmisores y sus respectivos receptores, junto con su interacción con otras sustancias neuroquímicas. De esta manera, mínimas alteraciones en estos componentes pueden traducirse en cambios significativos en la reacción del cuerpo. Entre los neurotransmisores clave, debido a su influencia en la modulación de respuestas ligadas a las EF y en consonancia con los objetivos de este estudio, destacan la NA y la DA. La NA regula la respuesta ante eventos repetitivos, y esta función se origina en el locus coeruleus del tallo cerebral, donde se sintetiza la NA, y en la ACC que detecta conflictos en estos eventos (Cohen et al., 2000). Fukunaga et al. (2012) destacan el papel de la ACC junto al giro frontal inferior/ínsula en reacciones relacionadas con recompensas, pérdidas y posiblemente en la regulación emocional durante decisiones riesgosas (como en la prueba BART). El comportamiento ejecutivo se da por interacciones entre la PFC y otras áreas cerebrales. Según Puig et al. (2015), un circuito esencial es el tálamo-fronto-estriado, modulado por la DA, NA y otros neurotransmisores como la serotonina.

Puig et al. (2015) descubrieron que la dopamina tiene un papel modulador en el aprendizaje y la memoria. Schultz (1998), identificó que la actividad de las neuronas dopaminérgicas del área tegmental ventral y sustancia nigra se relaciona con a la predicción del error en la recompensa, lo que puede actuar en función de ajustes conductuales orientados a

maximizar la probabilidad de ésta. Recientemente Morita y Kato (2014), contribuyen experimentalmente con evidencia que apoya el papel de la dopamina en la estimación de los errores en la predicción de recompensas.

Clark y Noudoost (2014), identifican un efecto de modulación de las catecolaminas (familia de neuroquímicos a la que pertenece la DA y NA) en la atención y WM. Anteriormente, Goldam-Rakic (1995), enfatizó, tras revisar la actividad e interacción celular en tareas de WM, la relevancia de la modulación de la DA y el neurotransmisor GABA, así como su influencia en las EF. Es fundamental resaltar que estas habilidades comparten la participación del circuito tálamo-fronto-estriado, así como la modulación de la DA y NA (Puig et al., 2015).

Los estudios sobre neurotransmisores y comportamiento han llevado a la creación de modelos teóricos. Braver y Barch (2002) proponen un modelo basado en la representación interna del contexto, el mantenimiento de dicha representación y su actualización, elementos que parecen estar vinculados con la actividad dopaminérgica en la corteza prefrontal dorsolateral. En este modelo, lo que normalmente interpretamos como reflejos de WM, atención e inhibición, se entiende más como control cognitivo o ejecutivo. A diferencia de modelos tradicionales de EF, que se basan en el procesamiento de información, este enfoque sugiere que las respuestas se originan por asociación e inhibición. Aston-Jones y Cohen (2005), realizan una amplia revisión teórica en relación específica con el papel de la NA en la conducta. Propusieron un modelo teórico del funcionamiento del Locus Coeruleus (LC) y su actividad noradrenérgica. Este modelo supera la concepción original de la función noradrenérgica como reguladora del nivel de alerta y activación, dividiendo la actividad del LC en términos tónicos (relativa al estado) y fásicos (relativa a la respuesta).

La respuesta tónica del LC presenta una relación positiva con distractibilidad e ineficiencia en la ejecución de la tarea. Sin embargo, Astono-Jones y Cohen (2005) señalan que la función adaptativa de la respuesta tónica del LC corresponde a la capacidad de cambiar de respuesta y la búsqueda de otras conductas alternas, así como en la respuesta exploratoria.

Por su parte, la actividad fásica del LC parece relacionarse con el desempeño en tareas de atención, vinculándose tanto con la efectividad de la tarea como con la respuesta a estímulos relevantes (relevantes por su asociación en contingencias de reforzamiento), este aspecto parece estar mediado por el hecho de que el LC por su parte, recibe información tanto de la corteza orbitofrontal (OFC por sus siglas en inglés) como del cíngulo anterior (AC por sus siglas en inglés), ambas estructuras están relacionadas con el monitoreo de la utilidad de la tarea realizada.

Es importante puntualizar que la NA presenta una gama amplia de efectos en la conducta, esto depende del receptor de la neurona postsináptica, derivando tanto en respuestas inhibitorias como excitatorias, así como efectos moduladores de la respuesta neuronal a otro tipo de señales electroquímicas.

Por otra parte, la dopamina juega un rol importante en la mediación de las EF, su bloqueo químico en las sinapsis en la región mesocortical altera el funcionamiento de la WM, sin embargo, también la excesiva actividad dopaminérgica actúa en contra del desempeño en esta función. Se ha reportado que la regulación dopaminérgica también participa en la toma de decisiones y la CFL, aunque cada una de estas funciones depende de distintos receptores para este neurotransmisor, de modo que la respuesta depende del receptor al que se adhiera la molécula o el receptor que se bloquee artificialmente modificando la acción sináptica (Floresco y Magyar, 2006), lo que resulta en un equilibrio neuroquímico sumamente delicado, ligado a una

modulación funcional de alta complejidad. De modo que alteraciones en la regulación óptima de estos neurotransmisores (NA y DA), son observadas en pacientes con deterioro en EF, así como en personas con Trastorno por déficit de atención e hiperactividad (Arnsten y Li, 2005).

Es esencial destacar que, aunque las explicaciones teóricas presentadas aquí se basen en neuroanatomía funcional, no deben simplificar la vasta complejidad del cerebro. A pesar de la tendencia aparente hacia un enfoque localizacionista, la realidad es que el cerebro funciona a través de sistemas de redes interconectadas. Desde el punto de vista del autor, los fenómenos psicológicos emergen de estas interacciones dinámicas y no se pueden atribuir exclusivamente a una única estructura o región. La evolución ha diseñado estas redes para adaptarse y responder de manera fluida a nuestro entorno.

En resumen, este capítulo se centra en la relación bidireccional entre las EF y los lóbulos frontales, mostrando cómo las EF son influenciadas por y pueden inducir cambios neurofisiológicos. Se detallan las subdivisiones de la corteza prefrontal y su papel en las EF, destacando la importancia de la modulación neuroquímica en la funcionalidad neurocognitiva. Particularmente el papel de neurotransmisores como la dopamina y la noradrenalina en la regulación prefrontal y las EF.

## Capítulo 4: Actividad Eléctrica Cerebral

Existen diversas técnicas en la exploración de las relaciones entre los eventos psicológicos y sus correspondencias fisiológicas. Una alternativa a resaltar es el estudio de los potenciales eléctricos cerebrales, particularmente el electroencefalograma (EEG) resalta por su bajo costo, alta resolución temporal y posibilidades de realizarse de forma no invasiva (ver Thatcher, 2010).

A partir del descubrimiento de la actividad eléctrica cerebral en el siglo XIX (Cohen, 2017) y el desarrollo de su medición en 1920 por Hans Berger, psiquiatra alemán quien bautizó los ritmos alfa y beta (Thompson y Thompson, 2003), diversos estudios y autores han demostrado que el EEG cambia de acuerdo con el estado funcional, el nivel de alerta y la actividad del sujeto.

### ¿Qué es el EEG?

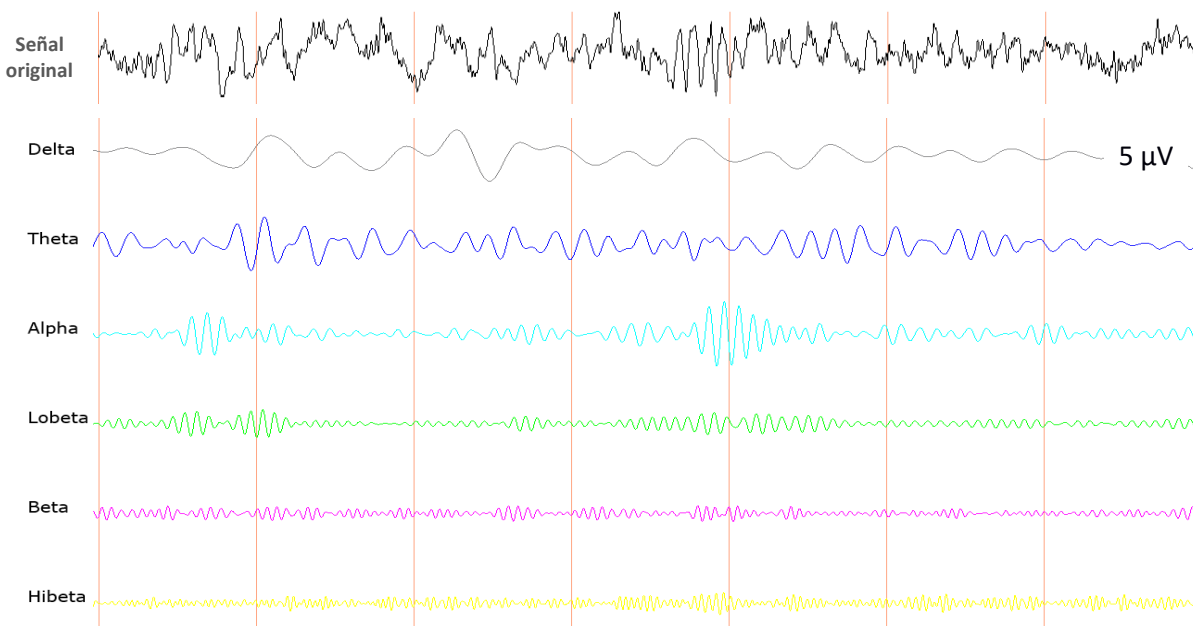
Existe consenso (e.g. Cohen, 2017; Cooper et al., 2017; Demos, 2019) en que el EEG implica el registro de la actividad eléctrica cerebral a partir de la sumatoria de miles de neuronas respondiendo de forma sincrónica. Particularmente el registro corresponde a la respuesta de las células piramidales alineadas de forma paralela entre sí y perpendiculares con el electrodo de registro el cual se coloca al nivel del cuero cabelludo.

El análisis del EEG ha demostrado a nivel clínico y experimental ser una herramienta importante en la vinculación entre funcionalidad conductual y funcionamiento cerebral, con una buena resolución temporal. Otra ventaja es que el EEG puede ser cuantificado por medio de diversos tipos de algoritmos, que en la actualidad generalmente son realizados por una

computadora (e.g. EEG magic en Guevara et al., 2012; Neuroguide© en Thatcher, 2010), permitiendo un fácil análisis y de bajo costo.

### ***Parámetros en la medición de la actividad eléctrica cerebral***

Al análisis cuantitativo de la actividad eléctrica cerebral se le denomina QEEG por sus siglas en inglés, a partir de este se desprenden múltiples parámetros. Las frecuencias con la que el EEG oscila son uno de los parámetros básicos a estimar, ya que de este depende el cálculo de otras medidas como potencia, coherencia, fase, etc. La frecuencia típicamente es medida en Hertz (Hz) u oscilaciones por segundo y dividida en bandas o cortes de frecuencia, y denominados en su mayoría con letras del abecedario griego. De acuerdo con varios autores (Demos, 2019; Guevara y Hernández, 2006; Thompson y Thompson, 2015) los cortes de frecuencia más comunes son de 1 a 3.5 o 1 a 4 Hz (Delta), 4 a 7 o 4 a 7.5 o 4 a 8 Hz (Theta), 8 a 12 u 8 a 13 Hz (Alfa), 13 a 21 Hz (Beta), 20 a 32 Hz (beta alta) y frecuencias arriba de los 30 Hz (Gamma) (ver Figura 4.1). Aunque existen diferencias entre estudios y autores en los rangos de frecuencia atribuidos a cada banda, por ejemplo, Jia y Kohn (2011) analizan la banda de gamma en un rango que va de los 30 a los 80 Hz.

**Figura 4.1.***Electroencefalograma digital.*

*Nota.* Imagen generada con el software Brainavatar 4.0 (Brainmaster©), la imagen muestra la señal original y señales filtradas de acuerdo con los cortes de frecuencia más comunes (Delta: 1 a 4 Hz, Theta: 4 a 7 Hz, Alfa: 8 a 12 Hz, 13 a 21 Hz (Beta), Hibeta o beta alta 20 a 32 Hz). El registro corresponde a la derivación Cz de un adulto de edad media con los ojos abiertos. Imagen de elaboración propia.

Al separar el EEG en cortes de frecuencia es posible calcular la cantidad de poder o potencia que se generó en cada banda, a esto se le denomina análisis espectral del EEG (ver Demos, 2019). Esta medición se realiza comúnmente calculando los milivolts (amplitud de la onda) o los picowatts (área bajo la curva), este parámetro se denomina potencia absoluta y suele estimarse en un corte de frecuencia seleccionado (banda). Por otra parte, una vez estimada la potencia absoluta de cada banda o corte de frecuencia es posible calcular la potencia relativa, que implica dividir el valor de la potencia absoluta de cada banda por separado entre la sumatoria de la potencia generada en todas las bandas. La potencia relativa es expresada en términos de porcentaje, por lo que también es denominada porcentaje de poder (Demos, 2019; Guevara y

Hernández, 2006; Thompson y Thompson, 2015). Una variante en el análisis de potencia relativa, son las proporciones entre bandas, cuyo cálculo es simple, ya que se obtiene al dividir la potencia absoluta de una banda entre otra (ver Demos, 2019).

Otra medida sumamente relevante en el análisis de señales bioeléctricas cerebrales relacionadas a aspectos cognitivos y de funcionamiento cerebral es la coherencia, que “...mide la covariación de dos señales como función de la frecuencia – tomando en cuenta tanto los cambios de amplitud como de fase entre las señales involucradas...” (Ruiz-Díaz et al., 2010, p. 295).

Herrmann et al. (2015), realizaron una revisión teórica respecto de los factores de correlación y modulación que tiene la actividad eléctrica cerebral respecto de varias funciones humanas, entre ellas funciones cognitivas, y afirman que el efecto funcional de la actividad eléctrica cerebral depende de la zona y el tipo de actividad que se presenta, e identifican cuatro factores esenciales que sustentan la relación EEG-cognición:

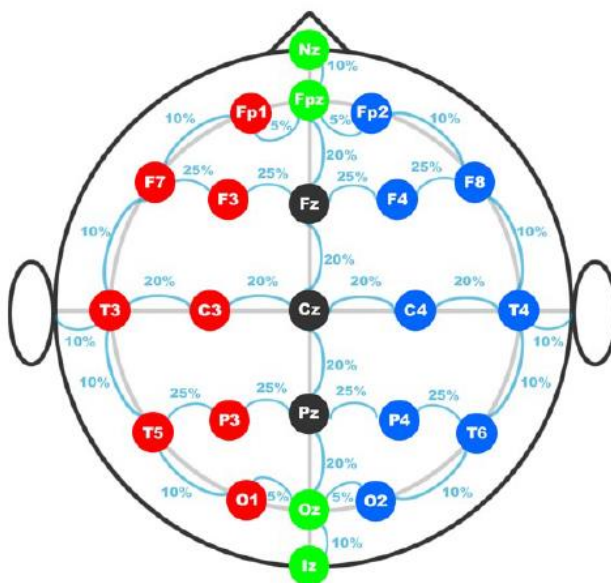
- 1.- Distintas regiones cerebrales se desempeñan diferente respecto de funciones específicas.
- 2.- Frecuencias lentas suelen representar la cooperación de un grupo neuronal grande, mientras que frecuencias rápidas principalmente reflejan actividad local implicando grupos reducidos.
- 3.- Oscilaciones coherentes entre dos regiones suelen reflejar cooperación funcional entre dichas regiones.
- 4.- Al combinar y analizar las aseveraciones 2 y 3 se identifica que la coherencia entre regiones cercanas se refleja en la actividad rápida, mientras que la cooperación entre regiones distantes se reflejará en actividad lenta.

### *Posicionamiento de Electrodo para Registro Electroencefalográfico*

Para el registro del EEG se colocan electrodos en el cuero cabelludo que se posicionan en puntos específicos a partir de un sistema estandarizado llamado “Sistema internacional 10/20” (Trans Craneal Technologies, 2012). En este sistema cada punto de registro es identificado por letras y números de la siguiente manera: las letras indican la zona o lóbulo Fp (fronto-polar), F (frontal), C (central – entre frontal y parietal), P (parietal), O (occipital) y T (temporal), el número indica la lateralidad, si el número es par hemisferio derecho (ejem. C4 – central derecho), si es non, hemisferio izquierdo (ejem. O1 – occipital izquierdo), para los electrodos que se colocan en la línea media en lugar de un número corresponde la letra z (ejem. Fz – frontal línea media) (ver Figura 4.2).

#### **Figura 4.2.**

*Representación gráfica bidimensional del sistema internacional 10/20.*



*Nota.* Indica la localización de las 21 derivaciones básicas y la distancia entre estas en términos de porcentaje (adaptado de Trans Craneal Technologies, 2012).

Por otra parte, la distancia entre los puntos de registro o también llamados derivaciones es relativa al tamaño del cráneo y es calculada a partir de porcentajes de las medidas transversales, longitudinales y perimétricas de este.

### ***Potenciales Relacionados con Eventos***

Los potenciales relacionados a eventos (ERP, por sus siglas en inglés: Event-Related Potentials) son respuestas eléctricas cerebrales que son el resultado de un estímulo sensorial, cognitivo o motor específico. Son extraídos del registro continuo del EEG y representan la actividad neuronal sincronizada en respuesta a un evento específico.

Este tipo de análisis se deriva de promediar segmentos breves de actividad eléctrica cerebral (< 1 s), capturados de manera sincrónica ante la exposición a un mismo tipo de estímulo o “evento” (e.g. Kóbor et al., 2015; Demiral et al., 2016). Cada ERP tiene características distintivas. La "latencia", por ejemplo, nos indica cuánto tiempo pasa desde que se presenta el estímulo hasta que surge la respuesta. Por otro lado, la "amplitud" refleja la diferencia de voltaje entre el máximo punto de la señal y una línea base. Además, estos ERP pueden manifestarse como ondas positivas o negativas, dependiendo de si el voltaje se mueve hacia arriba o hacia abajo, respectivamente. La "forma" se refiere a cómo luce esta onda en el gráfico del EEG. El hecho de que el monitoreo comience en el momento que se presenta el estímulo permite obtener información de los procesos cognitivos previos a que se presente la respuesta conductual (Kóbor et al., 2015). Incluso, debido a que los ERP presentan marcadores específicos a EF, han sido considerados como algo cercano a una “huella digital ejecutiva” de estas (Downes et al., 2016).

El análisis de los ERP genera una forma gráfica que permite identificar distintos momentos (ver Figura 4.3) que son clasificados de acuerdo con su latencia respecto del estímulo y con su polaridad, siendo denominados con una letra y un número ej. P3 (componente positivo que se presenta aproximadamente a los 300 milisegundos de la presentación del estímulo).

### Figura 4.3.

*Representación gráfica de ERP generados por la prueba de Stroop computarizada.*

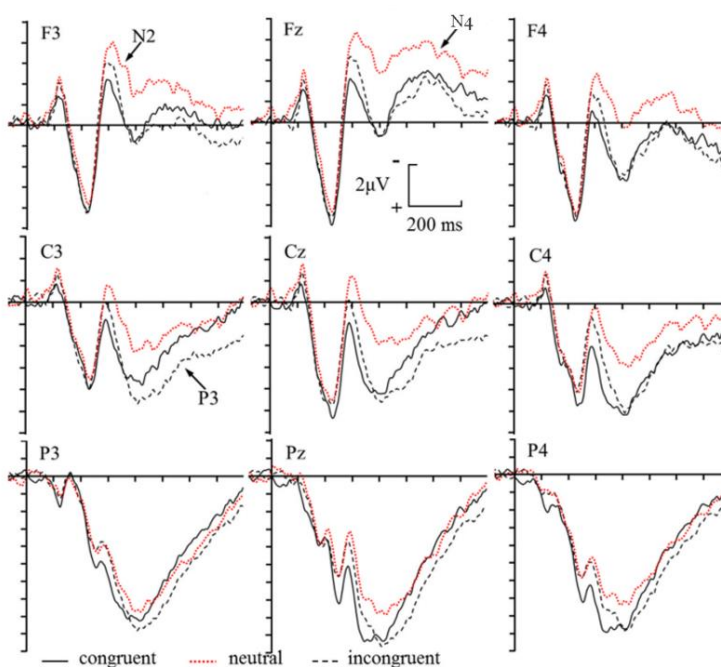


Fig. 3. Grand averaged ERPs evoked by the colored rectangles.

*Nota.* Los autores señalan las derivaciones de acuerdo con el sistema internacional 10/20 y con colores el estímulo correspondiente: azul= congruente (mismo color palabra/significado), rojo= neutral (cualquier color en letras negras) y punteado = incongruente (distinto color/significado) (tomado de Wang et al., 2021).

Los análisis espectrales de potencia y los análisis ERP poseen características distintas, ofreciendo así una perspectiva complementaria para explorar la relación entre el cerebro y la

conducta. El análisis espectral ofrece información sobre las variaciones en el estado funcional del cerebro. Estas pueden ser específicas de una tarea o condición (una tarea computarizada o durante sueño fisiológico), o bien reflejar tendencias comportamentales, lesiones, o capacidades como la atención o EF (ver Demos, 2019; Thatcher, 2010; Thompson y Thompson, 2015). En contraste, los ERP, debido a sus características metodológicas, reflejan la respuesta cerebral ante estímulos concretos, como imágenes o sonidos (un rostro, un alimento, un tono o una voz humana). Asimismo, pueden analizarse en relación con una conducta específica, como una elección, las diferencias entre aciertos y errores en una tarea o el tiempo de reacción (ver Luck y Kappenman, 2012; Sahinoglu y Dogan, 2016). Por ejemplo, la proporción theta/beta, medida en reposo, se ha asociado con respuestas de riesgo en la prueba de cartas de Iowa (Massar et al., 2014). Por otro lado, los ERP han demostrado diferencias en tiempo real entre individuos obesos y aquellos con peso normal al responder a estímulos de alimentos (Woltering et al., 2021).

En resumen, este capítulo aborda el uso del EEG en la investigación del comportamiento humano, destacando su bajo costo, no invasividad y alta resolución temporal. Se describe el 'Sistema Internacional 10/20' para la colocación de electrodos y se discute la utilidad de los análisis espectrales y de ERP en la evaluación de respuestas cerebrales a estímulos específicos y analizar comportamientos concretos como la ejecución en tareas o respuestas de elección.

## Capítulo 5: Estilo de Vida, Hábitos e Indicadores de Salud

Eysenck (1970) analizó la personalidad como los patrones consistentes en cómo nos relacionamos con personas y objetos. Esta definición incluye hábitos, vistos como comportamientos rutinarios, y ciertas acciones, como fumar, que pueden predisponer a algunos a enfermarse. Vega-Michel y Camacho (2012) citan este trabajo, y hoy en día, hay múltiples pruebas que vinculan el estilo de vida con el riesgo de contraer diversas enfermedades.

Existen diversos indicadores para identificar factores de riesgo importantes para la salud, estos, a su vez, presentan cierta dependencia de los hábitos y estilo de vida, y la evidencia sugiere que están interrelacionados. El primero que destaca, es el sobrepeso o en su extremo la obesidad, que puede ser determinado por un BMI elevado (ver Tabla 1.1) y/o la circunferencia abdominal. De acuerdo con el Informe sobre la Salud de los Mexicanos (Dirección General de Evaluación del Desempeño [DGED], 2016), las causas más comunes del sobrepeso y la obesidad en nuestro país son: el consumo excesivo de azúcares y grasas saturadas, estilo de vida sedentario, que principalmente está conformado por horas de inactividad física o tiempo frente a pantallas (28 o más horas por semana) y la baja actividad física, que implica menos de 150 minutos de actividad física de intensidad moderada o alta a la semana.

Existe evidencia que relaciona los factores cognitivos con factores de salud como la hipertensión (Bender y Raz, 2012; Gorelic y Nyenhuis, 2012) y la obesidad debido a la modulación que diversos factores cognitivos puede tener sobre la ingesta calórica y la actividad física (Kharabian-Masouleh et al., 2016; Sellaro y Colzato, 2017; Yang et al., 2018). Por otra parte, existen investigaciones que relacionan la obesidad con cáncer y diabetes tipo 2 (Garg et al., 2014), con el riesgo de desarrollar enfermedad de Alzheimer (e.g. Letra et al., 2014),

hipertensión arterial (e.g. Re, 2009), insomnio (e.g. Chan et al., 2017), enfermedad coronaria (e.g. Lassale et al., 2017), entre otros.

Como se señaló antes, hay pruebas que relacionan el BMI con neurofisiología y la toma de decisiones. Sin embargo, el BMI no considera la composición del cuerpo en detalle. A pesar de que hay menos estudios que relacionen directamente aspectos como la grasa abdominal con la función cerebral, la evidencia existente muestra que demasiada grasa visceral en el abdomen puede ser un riesgo para enfermedades metabólicas (Raine, 2016) y también podría afectar el funcionamiento cerebral (Kaur et al., 2017).

Raine et al. (2017), al examinar a 77 niños obesos y 77 niños con una composición física sana no encontraron diferencias en los elementos cognitivos evaluados, ni en actividad neurofisiológica, sin embargo, al dividir a la muestra de niños obesos en grupo control y grupo experimental, y aplicar un programa de 9 meses de acondicionamiento físico al grupo experimental, específicamente diseñado para reducir la adiposidad en regiones centrales, los resultados mostraron que reducciones en la grasa abdominal se asociaron con mejoras importantes en EC y cambios neurofisiológicos asociados a mayores recursos atencionales ERP (reducción de la latencia en la P300).

En adultos mayores (65-75 años), la grasa acumulada en la región abdominal ha mostrado una correlación negativa con la WM. Sin embargo, en mujeres mayores, la grasa en las caderas muestra una correlación positiva con esta misma función cognitiva. Esto sugiere que la grasa abdominal puede tener un efecto perjudicial, posiblemente debido a la testosterona, mientras que la grasa en las caderas podría ofrecer cierta protección contra el deterioro cognitivo, posiblemente debido a los estrógenos (Forte et al., 2016). Adicionalmente, en jóvenes (12-18

años), se encontró una asociación entre la grasa visceral y alteraciones en la materia blanca cerebral, así como en el funcionamiento cognitivo (Syme et al., 2019). Las anomalías en la materia blanca se han vinculado a un deterioro cognitivo y un mayor riesgo de demencia (Filley, 2012). Sin embargo, la relación entre la grasa visceral y la demencia no está del todo definida. Por ejemplo, en un estudio con 5169 participantes, de los cuales el 42.9% eran hombres, no se halló una relación significativa entre la grasa visceral y el riesgo de demencia basado en el desempeño cognitivo (Spauwen et al., 2017).

Otro factor vinculado a la obesidad y los problemas de salud es el sedentarismo. Biswas et al. (2015), realizaron un metaanálisis con el objetivo de identificar el riesgo de la realización de actividades sedentarias (e.g. ver televisión) respecto de varias enfermedades; encontrando dicha relación con diabetes tipo 2, cáncer (tanto morbilidad como mortandad) y enfermedades cardiovasculares (incluyendo morbilidad y mortandad), sin embargo, también reportan que dicho riesgo se reduce cuando la persona suele realizar actividades físicas intensas.

Los efectos de intervenciones basadas en modificar hábitos como conducta alimentaria, educación respecto de dieta y actividad física han demostrado ser un factor importante en la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares en pacientes con diabetes tipo 2 (Chen et al., 2015) y en los niveles de hemoglobina, triglicéridos y lípidos en sangre, así como en los niveles de presión arterial (Franz et al., 2015).

Otras cuestiones como la educación respecto a hábitos alimenticios saludables que en general implican un consumo calórico adecuado a la persona, dieta balanceada entre los grupos alimenticios, suficiente consumo de agua y un consumo limitado de sal, ha demostrado ser un factor mediador en indicadores como el BMI, la circunferencia abdominal y circunferencia de

cuello; siendo todos ellos factores de riesgo para enfermedades metabólicas y cardiovasculares (Cunha et al., 2017).

Por su parte, la diabetes tipo 2 o diabetes mellitus (DM2), que implica niveles anormalmente altos de glucosa en la sangre, en cuanto a su comorbilidad se ha asociado con un incremento en el riesgo de demencia (Chatterjee et al., 2016) y en general deterioro cognitivo (Umegaki, 2014). Por otra parte, la DM2 es un factor de riesgo importante para el desarrollo de enfermedades coronarias presentando mayor riesgo para hombres que para mujeres, así como un mayor riesgo de infarto (Peters et al., 2014).

La falta de sueño, más específicamente dormir menos de 6 horas diarias se ha identificado como un factor de riesgo de morbilidad y mortandad relacionada con diabetes mellitus, obesidad, hipertensión, enfermedades coronarias y cardiovasculares (Itani et al., 2017).

En resumen, la evidencia actual indica que el cuidado del sueño, la actividad física y el BMI impactan la salud en cuanto a las enfermedades causantes de la mayoría de las muertes prematuras a nivel mundial, como se observó con anterioridad, diversos factores de salud biológica relacionados con estas enfermedades están mediados y a su vez afectan las capacidades cognitivas por la vía de la autorregulación y establecimiento de hábitos saludables.

## Capítulo 6: Interacción entre las variables estudiadas

### Funciones Ejecutivas y Salud

La relación entre EF y salud es amplia y bidireccional, ya que la actividad física y hábitos saludables contribuyen a la conservación y funcionamiento de las EF en distintas edades (Ludyga et al., 2016). Por ejemplo, el tipo de ejercicio y la actividad física impacta de manera diferencial las EF y el impacto parece ser regulado por otras condiciones como genética, historia de cuidado físico, etc. Así, realizar Tai-Chi parece tener un efecto benéfico en los procesos de atención, mientras que el entrenamiento en resistencia parece impactar el razonamiento (ver Kelly et al., 2014 para un metaanálisis). Por otra parte, Northey et al. (2017), realizaron una revisión sistemática seleccionando 39 estudios en los que los participantes eran mayores de 50 años y radicaban en viviendas comunitarias. Reportan efectos positivos en el desempeño de los participantes sin importar el dominio cognitivo evaluado o el tipo de ejercicio realizado, siempre y cuando éste estuviera dentro de los 45-60 minutos por sesión con una intensidad al menos moderada. De acuerdo con estos autores cuando la población sobre la que se aplica la actividad física presenta homogeneidad los resultados son consistentes e independientes al tipo de ejercicio que se prescriba.

La asociación entre actividad física y desarrollo de EF puede observarse desde la infancia. Por ejemplo, van der Niet et al. (2014), utilizando acelerómetros monitorearon el nivel y cantidad de actividad física durante una semana, en niños de entre 8 y 12 años. Los autores evaluaron de forma paralela control inhibitorio, WM, planeación y CFL. Los resultados arrojaron una correlación negativa entre actividad sedentaria y control inhibitorio, el volumen de actividad física correlacionó positivamente con la capacidad de planeación, mientras que el tiempo

requerido para la ejecución de la prueba de planeación correlacionó negativamente con el tiempo utilizado en actividad física intensa y moderada.

Sin embargo, los efectos de la actividad física en las EF en edades avanzadas divergen entre estudios. Por ejemplo, Gasquoine y Chen (2020), revisó 51 estudios en los que se evaluó el efecto de la actividad física (entre 24-40 semanas) en las EF en personas mayores de 60 años en una condición no clínica. En su revisión identificaron un efecto modesto en la velocidad de procesamiento y no en el resto de EF evaluadas. Por otra parte, Landrigan et al. (2019), al realizar un metaanálisis de 24 estudios con población clínicas (diversos tipos de deterioro cognitivo) y no clínica, lograron identificar un efecto significativo de la actividad física en las EF, la WM y en la reducción del deterioro en los pacientes clínicos.

Ludyga et al. (2020) llevaron a cabo una meta-regresión para determinar los efectos del ejercicio y factores asociados (como duración, intensidad, etc.) en la cognición de individuos saludables. Para ello, se analizaron 80 estudios controlados que abarcaban participantes de diversas edades: niños, adultos y adultos mayores. Aunque los resultados confirman un efecto positivo de la actividad física en la cognición, este impacto es global y no se limita a un dominio específico. Además, se evidenció una interacción entre la duración de la sesión de ejercicio y el tiempo total dedicado a la actividad física.

Otros elementos que influyen en el impacto del ejercicio sobre las EF son el tipo de ejercicio, con aquellos que requieren coordinación mostrando un mayor efecto, y el género, siendo el efecto menos pronunciado en mujeres. Estos hallazgos sugieren que existen numerosos factores no considerados en las metodologías de investigación que podrían explicar las variaciones en los resultados observados entre diferentes estudios, como los realizados por

Landrigan et al. (2019) y Gasquoine y Chen (2020). La actividad física no es el único factor que tiene efectos positivos en la preservación de las EF a lo largo de la vida, sino que se ha reportado que factores como evitar el tabaquismo, no usar drogas o la dieta tiene un efecto (Allan et al., 2016). Otra variable que es de interés es el sueño Warren et al. (2016), realizaron un estudio longitudinal analizando durante tres años 709 niños de cuarto año escolar en el estado de California (EEUU). Los resultados mostraron que la cantidad de sueño en cuarto año fue negativamente asociada con el sedentarismo en sexto año escolar y esta relación estuvo mediada por ciertas EF en quinto año escolar, observándose el desarrollo de control inhibitorio y planeación negativamente asociado con conductas sedentarias un año después.

En edades más tempranas (4 años) se ha observado una relación positiva entre la calidad de sueño y la regulación emocional y conductual, así como la adaptación social, aceptación por pares, vocabulario receptivo y comprensión de causas (Vaughn et al., 2014). Por otra parte, en adolescentes, intervenciones correctivas en insomnio mejoran los puntajes en pruebas de WM (de Bruin et al., 2017). Por otra parte, en etapas posteriores de la vida, el deterioro en la calidad de sueño se relaciona con el deterioro cognitivo en adultos mayores (Blackwell et al., 2014).

Landrigan et al. (2019) discuten la relación positiva entre actividad física y cognición, sugiriendo que esta conexión podría ser el resultado de varios efectos combinados. Estos incluyen cambios hormonales, mejoras en el flujo sanguíneo cerebral y su eficiencia, así como la estimulación de factores neurotróficos debido a la actividad física.

Si bien el estado del organismo incide en su funcionalidad cognitiva, existe evidencia de que las EF facilitan la adherencia a conductas saludógenas, como la inclinación a no consumir tabaco, actividad física, baja ingesta de comida grasosa y alcohol (Allan et al., 2016). Por otra

parte, factores como el sobrepeso se asocian de forma negativa con las EF a partir de que ciertos procesos cerebrales son alterados por el exceso de grasa, procesos inflamatorios y cardiovasculares derivados del sobrepeso. Además, se ha reportado que alteraciones en las porciones DPF y EF incrementan el consumo calórico (Yang et al., 2018). Aunado a lo anterior, Sellaro y Colzato (2017) mencionan que falta establecer si déficits en el control cognitivo y sus correspondientes alteraciones neuronales observadas en individuos con alto BMI, fungen como causales en el exceso de peso o son una consecuencia de este.

Diversos autores (e.g. Favieri et al., 2019; Sellaro y Colzato, 2017) sugieren un ciclo vicioso, es decir, sin importar el orden de inicio, alteraciones en EF incrementan la ingesta calórica o de productos de baja calidad nutricional, o incluso el tiempo en actividades sedentarias, lo que por consecuencia deviene en un incremento en el BMI. La presencia de un elevado BMI (debido a sus consecuencias psicológicas y neuropsicológicas) deriva en las conductas poco saludables ya mencionadas, generando así un ciclo que en ocasiones pudiera parecer no tener fin. Allan et al. (2016), mencionan una sinergia entre EF y conductas que promueven la salud, igualmente en una modulación cíclica, pero en este caso, con una dirección benéfica para el organismo.

Se ha identificado que la dificultad para controlar impulsos y a tolerar la demora en la recompensa (control inhibitorio) conllevan una dificultad para controlar la ingesta calórica (Amlung et al., 2016), y realizar ejercicio (Sweeney y Culcea, 2017), afectando por consecuencia la incidencia de sobrepeso. Dohle et al. (2018) realizaron una revisión sistemática en la que identificaron relaciones importantes entre el desempeño en tareas relacionadas con EF y la conducta alimenticia, entre las que resaltó el control inhibitorio como un factor asociado

negativamente con hábitos alimenticios insanos como la sobre alimentación. De tal manera que capacidades inhibitorias disminuidas funcionan como factores de riesgo para el sobrepeso y la obesidad.

De forma complementaria, Hofmann et al. (2014), encontraron una relación positiva entre la capacidad inhibitoria medida por medio de la prueba Stroop y la capacidad para mantener un régimen alimenticio (dieta). La relación de interdependencia entre salud y desarrollo conductual permite la aplicación de intervenciones correctivas de tipo psicológico que repercutan en la salud física. Por ejemplo, Raman et al. (2018) reportaron que la terapia en remediación cognitiva (CRT por sus siglas en inglés) que implica la reflexión en los estilos de pensamiento, el desarrollo de habilidades metacognitivas y nuevas estrategias de pensamiento, aplicada a personas con obesidad contribuye al mejoramiento concomitante en la ejecución en tareas de CFL y reducción de indicadores de hábitos contra la salud como sedentarismo e ingesta poco saludable (en Allom et al., 2018).

A pesar de que la evidencia es amplia en la relación entre el BMI y las EF (Kharabian-Masouleh et al., 2016; Sellaro y Colzato, 2017; Yang et al., 2018) así como con la circunferencia abdominal (Rodríguez-Fernández et al., 2017). Autores como Yang et al. (2018), aseguran que existen pocos estudios que analizan la relación entre la planeación y la fluidez verbal con el sobrepeso y la obesidad. Incluso un metaanálisis realizado por Vincent y Hall (2015), que vinculó enfermedades como la DM2, e incluyó una muestra de 60 estudios y dentro de su búsqueda utilizó la palabra planning (planeación en inglés), no revelan estudios relevantes que hubiesen incluido dicha función ejecutiva. Por otra parte, Favieri et al. (2019), realizaron una revisión sistemática con 91 estudios, abarcando edades entre los 5 y los 70 años, concluyendo

que la relación entre las EF, el sobrepeso y la obesidad es consistente, de forma tal que deterioros en EF se asocian con obesidad y que esta relación es circular. Sin embargo, falta identificar si esta relación es debida a una disfunción ejecutiva en general o si específicamente una EF en particular es responsable de esta relación.

A continuación, se presenta como una orientación al lector, la Tabla 6.1, que sintetiza los hallazgos descritos en este apartado de forma sistematizada, en donde su organización parte del factor de salud correspondiente a las EF mencionadas.

**Tabla 6.1.**

*Resumen de las principales asociaciones reportadas en la literatura revisada entre funciones ejecutivas y factores de salud.*

<b>Factores de Salud</b>	<b>Funciones ejecutivas y otras</b>	<b>Autores</b>	<b>Población</b>
	Funciones ejecutivas en general	Ludyga et al., 2016 y 2020	Niños, adolescentes y adultos (edades de 6 a 61 años)
	Control inhibitorio/ejecutivo, memoria de trabajo, planeación, flexibilidad cognitiva	Northey et al., 2017	Mayores de 50 años económicamente vulnerables
Actividad física	Memoria de trabajo, atención y razonamiento	van der Niet et al., 2014	Niños de 8-12 años
	Deterioro cognitivo	Landrigan et al., 2019	Adultos de 18 años o más
	Velocidad de procesamiento	Kelly et al., 2014	Adultos (>50 años) sin deterioro cognitivo
		Gasquoine y Chen, 2020	Adultos Mayores (60 a 95 años)

Hábitos saludables (Incluyendo consumo de intoxicantes)	Funciones ejecutivas en general	Allan et al., 2016	Revisión sistemática
	Regulación emocional y conductual, adaptación social y vocabulario	Vaughn et al., 2014	Niños con edad de 4 años
Calidad de sueño	Memoria de trabajo	de Bruin et al., 2017	Adolescentes (edades de 10 a 19 años)
	Deterioro cognitivo	Blackwell et al., 2014	Hombres mayores (>70 años) saludables
Calidad de sueño / Actividad física	Control inhibitorio y planeación	Warren et al., 2016	Alumnos de 4º año escolar
		Amlung et al., 2016	Diversas muestras / metaanálisis
Obesidad y sobrepeso	Demora en la gratificación	Sweeney y Culcea, 2017	Diversas muestras / revisión sistemática
		Control inhibitorio	Dohle et al., 2018
Sobrepeso y obesidad	Funciones ejecutivas en general	Hofmann et al., 2014	Participantes adultos (edades de 18 a 55 años)
		Kharabian-Masouleh et al., 2016	Adultos mayores (edades de 60 a 80 años)
		Rodríguez-Fernández et al., 2017	Adultos mayores (edad de 65 años o más)
		Yang et al., 2018	Niños adolescentes y adultos (edades de 6-80 años)
	Planeación	Vincent y Hall , 2015	Adultos (edades de 45 a 85 años)
	Flexibilidad cognitiva	Favieri et al., 2019	Niños, adolescentes y adultos (edades de 5 a 70 años)

---

Sellaro y Colzato, 2017	Hombres de entre 18 y 32 años
Allom et al., 2018	Adultos de (edades de 18 a 55) años con obesidad (BMI > 30 kg/m <sup>2</sup> )
Raman et al., 2018	Adultos de (edades de 18 a 55) años con obesidad (BMI > 30 kg/m <sup>2</sup> )

---

*Notas:* Las relaciones reportadas en los estudios mencionados en esta tabla son positivas o directamente proporcionales. La tabla está organizada en función de la primera columna en donde cada uno de “Factores de Salud” se posiciona de forma centrada en un sentido vertical, respecto de las variables de la siguiente columna.

Si bien, la Tabla 6.1 muestra múltiples hallazgos, la tónica de estos indica una relación positiva entre las capacidades en general de las EF y los factores relacionados con la salud.

### ***Actividad eléctrica cerebral, funciones ejecutivas y salud***

Al ser el EEG un referente del funcionamiento cerebral y ha sido estudiado en asociación con múltiples factores psicológicos como la realización de diversas tareas cognitivas, psicopatología y momentos del desarrollo ontogénico. Así, para los fines de la presente investigación, el EEG derivado de la ejecución de tareas, se asume como una variable de proceso, mientras que el EEG registrado en reposo relativo se asume como una variable de estado. En cuanto a la relevancia que tiene el EEG con la presente investigación, existen antecedentes, como los que se exponen más adelante, de su relación con la ejecución de pruebas de EF y con factores de salud.

Ambrosini y Ballesi (2017) encontraron que la asimetría interhemisférica (izquierdo / derecho) en la proporción beta/alfa en reposo se relaciona con mejor desempeño en la prueba de Stroop, indicando mejor inhibición de información irrelevante. Millán et al. (2015) observaron una sincronización del ritmo gamma en regiones prefrontales durante la prueba de Stroop, ligada a respuestas correctas. Por otra parte, Skolov et al. (2015) evaluaron la respuesta

electrofisiológica de una paciente de 51 años con epilepsia idiopática generalizada comparando condición de reposo y ejecución de la prueba de Stroop y se observó un incremento importante de la actividad epileptiforme durante la realización de la tarea, los autores discuten un efecto de hiper-excitabilidad cortical, involucrando los circuitos de la ACC, corteza dorsolateral y tálamo.

La prueba de cartas de Wisconsin, relacionada con la CFL, tiene vínculos con la actividad eléctrica cerebral. Chen y Sun (2017) examinaron la corteza prefrontal en individuos sanos y hallaron diferencias electrofisiológicas entre aquellos con buen y mal desempeño en la prueba. Los de mejor rendimiento mostraron mayor intensidad en las bandas de alfa y beta.

Rizo-Martínez et al. (2015), compararon víctimas de abuso sexual con participantes sin estos antecedentes, e identificaron una mayor correlación frontal interhemisférica en delta, theta y gamma tanto en reposo como durante la realización de la prueba de cartas de Wisconsin. Además, el grupo con participantes víctimas de abuso, presentó un incremento de la correlación principalmente en la banda de gamma durante la realización de la tarea respecto a la condición de reposo. El grupo experimental también presentó en general mayor correlación en distancias cortas entre electrodos de registro y menor en distancias largas respecto del control. Los resultados obtenidos se discutieron a partir de las diferencias en el desarrollo de materia gris y conectividad en ambos grupos como resultado de la exposición al antecedente estresor. Evidenciando el efecto de la historia de interacción en cerebro y la correspondiente electrogénesis cortical.

Respecto de la toma de decisiones en función de riesgo evaluada a partir de la prueba BART (Balloon Analogue Risk Task), se ha identificado mayor activación (menos potencia en alfa) en la región frontal-media del hemisferio izquierdo respecto del derecho en condiciones

basales (Black et al., 2014). Chen y Wallraven (2017) evaluaron a 17 participantes identificando incrementadas las bandas de delta y theta, durante la realización de la prueba BART en regiones centrales en aquellos participantes que fueron identificados por evitar riesgos mediante la prueba mencionada.

Por otra parte, la proporción theta/beta incrementada y la potencia de la banda de theta en regiones centro-frontales correlaciona con la propensión a una toma de decisiones más riesgosa en la prueba de cartas de Iowa (Massar et al., 2014). Estos antecedentes indican que el EEG tanto en reposo relativo, como durante la ejecución de tareas funge como reflejo de diferencias individuales en la toma de riesgos.

La realización de tareas de WM aparentemente genera cambios en la actividad del cíngulo anterior, los cuales pueden observarse en el registro del EEG principalmente en regiones frontales de la línea media. Dichos cambios se reflejan en incrementos en la actividad de tipo theta. Sin embargo, el incremento en la potencia de esta banda correlacionó de forma negativa con el desempeño en la tarea. Adicionalmente, al comparar los cambios en el EEG entre tareas de baja y alta demanda de WM, se observa un incremento en la frecuencia dominante de la banda de alfa relacionado con mayor demanda cognitiva (Maurer et al., 2015). Otro cambio en la actividad eléctrica cerebral asociado con la ejecución de tareas de WM corresponde a incrementos en la potencia en la banda de gamma en la corteza superior (ver revisión por Jia y Kohn, 2011).

A pesar de que existe una relación negativa entre la potencia de theta y el desempeño en WM y una relación positiva entre la WM y la planeación. Sanz-Martín et al. (2012), identificaron una relación directamente proporcional entre la potencia relativa de la banda de theta (4-7 Hz),

en regiones frontales y parietales, y la cantidad de problemas resueltos en la Torre de Londres por mujeres de 19 a 30 años.

Por otra parte, la medición de EEG de forma concomitante con la presentación de estímulos o realización de tareas permite, como se mencionó con anterioridad la medición de un tipo de respuesta cerebral denominada ERP. La composición de los ERP permite identificar distintos componentes y cada componente implica un proceso psicofisiológico distinto.

Dentro de los componentes tempranos positivos en los ERP se identifica la P1, componente temprano de valencia positiva, que ha sido asociada a la identificación de emociones en rostros, presentando una menor amplitud en poblaciones con alteraciones en el procesamiento visual-social como lo son pacientes con esquizofrenia (Earls et al., 2016). Por otra parte, Kóbor et al. (2015) identificaron mayor amplitud de este componente (P1), así como de otro componente temprano con valencia negativa (N1) en niños con ADHD (trastorno por déficit de atención e hiperactividad – por sus siglas en inglés) ante la exposición a un estímulo incongruente en la aplicación de una prueba de Stroop. De acuerdo con los autores, esta variación es debida a un mayor esfuerzo durante la tarea, posiblemente originada por deficiencias en el procesamiento de información y control inhibitorio.

En una revisión sistemática realizada por Hoyniak (2017), se analizó la evidencia relacionada con un componente negativo temprano denominado N2. Este componente ha sido identificado con la capacidad de inhibición en niños ante tareas GO-NOGO, en donde presenta mayor carga negativa ante la inhibición (NOGO) comparado con la respuesta motriz (GO). De acuerdo con los autores existe una tendencia a considerar una reducción en la latencia y amplitud como indicador de maduración, sin embargo, la información existente es contradictoria.

Por otra parte, en otra revisión sistemática vinculada con el análisis de ERP realizados durante tareas auditivas (Tomé et al., 2014), se identificó que la N2 en las derivaciones Fz y Cz, presenta un incremento en la amplitud entre los 20 y 45 años. Los autores concluyen que la N2 implica asignación de recursos atencionales y análisis fonológico del estímulo. Adicionalmente identifican, una fuerte disminución en la amplitud relacionada con la edad y un ligero incremento en la latencia. Estos cambios sugieren variaciones en la eficiencia sináptica y en la sincronización espaciotemporal de los recursos neurales.

Otro componente vinculado con la inhibición es la N4. Por ejemplo, Zhang et al. (2019), identificó una disminución relativa en la amplitud de la N4 en personas adultas catalogadas como altamente ansiosas en comparación con personas identificadas con niveles bajos de ansiedad. Estos resultados se interpretan como fallos en la inhibición del grupo ansioso lo que se relaciona con una sobreinterpretación de amenazas en este grupo. Ambos componentes N2 y N4 son generados principalmente por la ACC, y adicionalmente la PFC. Downes et al. (2016), consideran al componente N2 como el marcador electrofisiológico de la inhibición, interpretado como la capacidad para resistirse a la distracción. Respectivamente, N2 se ha interpretado como la respuesta psicofisiológica en el monitoreo de conflicto, mientras que el componente tardío (N4) como un efecto de la resolución del conflicto o supresión de la interferencia (ver revisión sistemática por Heidlmayr et al., 2020).

Por otra parte, la P3 es un potencial positivo que ocurre con una latencia de aproximadamente 300 ms, es el componente de mayor amplitud en los ERP y es evocado por la presentación de un estímulo blanco novedoso presentado entre estímulos irrelevantes. La evocación de la P3 ocurre mientras el sujeto esta activamente reaccionando al estímulo blanco.

Este componente, típicamente ha sido interpretado como un correlato electrofisiológico de los procesos de atención y WM, su latencia corresponde a la velocidad y eficiencia en la respuesta, de modo que latencias cortas se relacionan con desempeños cognitivos superiores.

De acuerdo con Korostenskaja y Kähkönen (2009), la P3 es generada en áreas corticales de la corteza prefrontal lateral, corteza temporo-parietal y parietal; sin embargo, también parece ser influenciado por estructuras subcorticales como el sistema límbico.

De acuerdo con van Dinteren et al. (2014), este componente al igual que otros antes mencionados, va modificándose a lo largo de la vida, disminuyendo su latencia durante la infancia alcanzando su menor valor alrededor de los 25 años, mientras que su mayor amplitud se logra alrededor de los 21 años. Los autores interpretan estos hallazgos sugiriendo que la latencia podría ser un índice de la velocidad neural o eficiencia cerebral y que la amplitud puede ser un reflejo de la potencia neural o recursos cognitivos que se desarrollan con la maduración.

Mapelli et al. (2014), identificaron una relación entre los ERP y anomalías en la actividad dopaminérgica (enfermedad de Parkinson). Esto se identificó al exponer a los participantes a una contingencia de pérdida en una tarea de riesgo (prueba Iowa de riesgo). En donde se identificó que los pacientes no modificaron su respuesta en el transcurso de la prueba, resultando en un desempeño empobrecido. Además, las medidas de los ERP difirieron entre grupos (controles sanos vs pacientes experimentales) respecto de las condiciones (ensayos con ganancia vs ensayos con pérdida) de tal manera que los pacientes no presentaron diferencias en función de la condición, pero el grupo control sí. Específicamente, se identificaron diferencias significativas entre los componentes de negatividad relacionada con la retroalimentación (FNR por sus siglas en inglés, que se presenta entre los 250 y 350 ms.) y la P3, presentando el grupo control una

disminución significativa de la amplitud de dichos componentes ante la contingencia de pérdida. Los autores atribuyen esta diferencia en los grupos contrastados, al papel que juega la dopamina tanto en el cambio de conducta derivado de la retroalimentación del medio (componentes FRN) y a la capacidad en WM y atención que permiten responder de manera eficiente a la tarea (componente P3).

Korostenskaja y Kähkönen (2009), identifican que ciertas poblaciones como pacientes con ADHD o esquizofrenia presentan una reducción en la amplitud de este componente, y típicamente esta reducción se asocia con fallos en la atención selectiva. Ambas poblaciones, aunque de manera distinta, presentan alteraciones en la modulación dopaminérgica.

Por otra parte, la aplicación de fármacos antipsicóticos (principalmente los correspondientes al grupo de los antipsicóticos atípicos) tanto en pacientes sanos como en esquizofrénicos modifica la amplitud de la P3. Dependiendo del fármaco o la población, el cambio se da de formas distintas, tendiendo a normalizarlo en pacientes esquizofrénicos y a alterarlo en pacientes normales. Adicionalmente, los cambios en la P3 se presentan de forma correlacionada con un efecto derivado del fármaco en la efectividad conductual similar.

Aparentemente, el efecto de los antipsicóticos en la modulación en la P3 está relacionado con la regulación de la actividad dopaminérgica (Mapelli et al., 2014). Esta explicación también es apoyada por Korostenskaja y Kähkönen (2009), quienes especulan una relación directa (aunque no exclusiva) entre la dinámica de este neurotransmisor y la respuesta del componente P3.

A pesar de que la P3 es un componente identificado con recursos atencionales, Jones (2016) no encontró relación entre la amplitud o la latencia de este componente y la actividad física o incongruencia durante la aplicación de la prueba de Stroop. Por otra parte, Sahinoglu y

Dogan (2016), realizaron una revisión sistemática que incluye el análisis de la relación entre la ejecución de la prueba Stroop y la P3, e identifican que en general los estudios reportan que el efecto Stroop no genera variaciones en la latencia de este componente y que los resultados de los documentos examinados son inconsistentes en el efecto de esta tarea en la amplitud de este parámetro. Estos hallazgos sugieren que posiblemente el efecto Stroop sea procesado por el sistema nervioso central posterior a la ventana de tiempo de la P3, como es el caso de la N4.

De acuerdo con Kutas y Ferdermeier (2011), un componente tardío importante por su implicación en el análisis de información lógica, visual o sintáctica es la N4. Este componente presenta una latencia sumamente estable y su amplitud varía en relación dependiente de las características del estímulo y se vincula de la misma manera con los tiempos de reacción (e.g. incongruencia, complejidad, abstracto vs concreto, novedad, entre otros). Como se mencionó con anterioridad, este componente es sensible a la incongruencia, tal es el caso del efecto Stroop (Chuderski et al., 2016). Sin embargo, es afectado por factores indirectos, por ejemplo, su amplitud durante la ejecución de la prueba Stroop varía en función de la actividad física, mostrando mayor eficiencia neural y conductual en personas que se mantienen físicamente activos (Gajewski y Falkenstein, 2015). Este efecto incluso se identifica de manera aguda, ya que se ha identificado un incremento en la amplitud de la N4 apareados con mejoras en el desempeño de la prueba de Stroop, tanto en jóvenes como adultos, posterior a la realización de actividad física cardiovascular aguda (Hsieh et al., 2018). Sin embargo, los hallazgos no son consistentes, por ejemplo, Jones (2016) no encontró relación entre la amplitud de la N4 y la actividad física o la respuesta a la incongruencia durante la aplicación de la prueba de Stroop.

Anteriormente hemos mencionado la relación de modulación de la DA con el componente P3, de igual forma, la regulación dopaminérgica también parece afectar la respuesta de los componentes N2 y N4, ya que se ha observado una disminución de la amplitud de estos componentes relacionada con el consumo de metanfetaminas. Esta droga típicamente induce toxicidad relacionada con la DA y, por otra parte, las alteraciones en los componentes N2 y N4 parecen reducirse con el tiempo de abstinencia (e.g. 6 meses vs 2 años). Adicionalmente, estas diferencias electrofisiológicas se asocian con un menor control de la interferencia evaluado con la prueba de Stroop (Stock et al., 2019).

Como se mencionó anteriormente, existe una interacción bidireccional entre los hábitos de vida, el estado de salud y la condición física, y diversos aspectos del desarrollo y funcionamiento cognitivo. Más aún, estos mismos elementos modulan la fisiología cerebral. Como resultado, las características de la actividad eléctrica cerebral pueden variar según los hábitos y las características individuales. Por ejemplo, Vecchio et al. (2014) identifican en el registro del EEG en reposo con ojos cerrados en pacientes de la tercera edad una pronunciada disminución en la amplitud de alfa (8-13 Hz) y una disminución global del ritmo de fondo, con un incremento en la potencia y distribución topográfica de la banda de delta (2-4 Hz), asociadas con el envejecimiento. De acuerdo con los autores, estas características electrofisiológicas son observadas también en estudios previos. Por otra parte, Sánchez-López et al. (2018), estudiaron los efectos de la actividad física en adultos mayores (66 años en promedio, n=97), e identifican que en los participantes menos activos se observa mayor actividad lenta (delta, theta y alfa lenta) en áreas frontales, centrales y temporales relacionado con un mayor deterioro. Adicionalmente, los participantes menos activos presentaron puntajes más bajos en la prueba WAIS (Escala de

Wechsler de inteligencia para adultos), aunque también los autores discuten la posibilidad de un efecto neuroprotectivo de la actividad física.

De acuerdo con McGeown y Davis (2018), existe evidencia que indica que las personas con obesidad tienden a presentar una preferencia atencional por la comida. Estos autores identifican marcadores en el EEG que median y fungen como indicadores de riesgo en el consumo extralimitado de comida, a partir de un experimento con 93 participantes femeninas, a las cuales expusieron a un video de consumo de papas fritas durante el registro de su actividad eléctrica cerebral apareado con pruebas para identificar la preferencia atencional hacia la comida. Los resultados mostraron asimetría en la actividad eléctrica cerebral con predominio izquierdo en la banda de alfa en regiones frontales como mediadora en la relación entre la preferencia atencional hacia la comida y el BMI. En otras palabras, mientras más alta fue la proporción entre la potencia de alfa entre el hemisferio izquierdo y el derecho, mayor probabilidad hubo de que se observase una relación positiva entre la preferencia atencional hacia la comida y el BMI.

Por otra parte, Hume et al. (2015), sugieren que el pobre manejo del peso corporal pudiera estar relacionado con un reducido control neuroconductual sobre el consumo alimenticio y una acentuada reactividad en las redes neurales de recompensa. Con el fin de probar esta hipótesis los autores compararon distintos grupos de participantes femeninas divididos en grupos de acuerdo con su historial alimenticio e BMI, al realizar la prueba de Stroop adaptada con imágenes de alimentos y estímulos neutros mientras se monitoreaba su EEG. Los autores identificaron un mayor nivel de activación en áreas frontales determinado por menor potencia de la banda de delta y mayor de beta en pacientes con historia de reducción de peso a partir de un estado de obesidad, en comparación con pacientes obesas sin este componente histórico. Estos

resultados indican un mayor control inhibitorio respecto de los mecanismos de reforzamiento por comida en las pacientes que lograron reducir su peso. Adicionalmente se identificó una correlación positiva entre la actividad de tipo delta y los autorreportes de consumo de grasas y la insatisfacción con la forma del cuerpo en el grupo de participantes con historia de reducción de peso.

La tendencia al consumo o predilección exacerbada por la comida se identifica como adicción a la comida, los síntomas comprenden dependencia y síntomas de ansiedad relacionados con la necesidad de consumo de alimentos azucarados o grasosos. Imperatori et al. (2014), identificaron que pacientes con tres o más síntomas de adicción a la comida al compararse con participantes control, presentaron un incremento en la potencia de la banda de delta en el giro medio frontal derecho y en el giro derecho pre-central, un incremento en la actividad theta en la ínsula derecha y en el giro frontal inferior derecho. Además, los pacientes mostraron un incremento en la conectividad funcional entre regiones fronto-parietales en las bandas de theta y alfa identificado a partir del análisis del retraso en la sincronización de fase. Estos hallazgos se observaron al registrar el EEG de los participantes durante 5 minutos posteriores a consumir una probada de malteada de chocolate.

Por otra parte, el consumo excesivo de alcohol también presenta marcadores electrofisiológicos. Mumtaz et al. (2016) compararon participantes con desorden por consumo de alcohol y sujetos control, e identificaron en el grupo experimental que la potencia de la banda de theta se encontraba disminuida de forma importante, adicionalmente identificaron una disminución moderada de la potencia en las bandas de alfa y gamma, principalmente en el

hemisferio izquierdo. Esto aporta evidencia de que el consumo excesivo de alcohol se asocia con déficits en la actividad cerebral.

Otro factor que media cambios en la actividad eléctrica cerebral es la calidad de sueño, Fernández-Mendoza et al. (2016) evaluaron a un grupo de adolescentes de entre 14 y 18 años, en el que observaron elevadas las frecuencias de entre 25-35 Hz en todas las condiciones (sueño y vigilia) respecto de los grupos control, los autores deducen un estado de hiperactivación en estos participantes. Resultados similares fueron obtenidos por Corsi-Cabrera et al. (2016) al evaluar pacientes adultos con insomnio antes y después de una noche de sueño, observando mayor potencia en las bandas de beta (13-30 Hz) y gamma (31-50 Hz) en el grupo experimental después de la noche de sueño, los autores interpretan de igual manera un estado de hiperactivación en los participantes insomnes.

Por otra parte, también los ERP son sensibles a factores vinculados con la salud, por ejemplo, adultos mayores que en promedio han sido activos físicamente por aproximadamente 50 años presentaron mayor amplitud negativa en la N2 (derivaciones Fz y Cz), durante la realización de la prueba Stroop en comparación con adultos mayores sedentarios, lo que se interpretó como mayores recursos corticales para la resolución de conflicto (Gajewski y Falkenstein, 2015). O'Halloran (2018) identificó una asociación positiva entre el consumo de alcohol y la amplitud de la N2 una asociación negativa con la amplitud de la P3, mientras que este último componente presentó una asociación positiva con la actividad física (Jones, 2016).

Como se puede observar, tanto el análisis espectral ya sea en condiciones de reposo relativo o durante la ejecución de tareas y el análisis de los ERP presentan ventanas distintas para el estudio psicofisiológico de la actividad eléctrica cerebral y los antecedentes mencionados

muestran su relevancia en el terreno general de la salud, de tal manera que ambos son considerados en la metodología del presente estudio.

Los trabajos previamente citados proporcionan múltiples ejemplos de la relación que existe entre actividades cotidianas, hábitos, salud, y el funcionamiento cognitivo y cerebral. De tal forma que la línea de investigación o área de conocimiento del presente manuscrito corresponde al campo de la psicofisiología. De acuerdo con Schwartz et al. (2016), psicofisiología se define como: “*La ciencia del estudio de los procesos causales e interactivos de la fisiología, el comportamiento y la experiencia subjetiva.*” (traducido del inglés, p.19).

A continuación, se presenta como una orientación al lector, la Tabla 6.2, que sintetiza los hallazgos descritos en este apartado de forma sistematizada, en donde su organización parte del factor de salud correspondiente a las EF mencionadas.

**Tabla 6.2.**

*Resumen de los principales hallazgos reportados en la literatura (respuesta psicofisiológica & factores de salud).*

Factor Salud	Referencias	Muestra	Actividad Eléctrica Cerebral	Tarea / Condición
		Personas (edad de 16 a 86 años)	Relación directamente proporcional con la amplitud / Componente N4	
Actividad física	Gajewski y Falkenstein (2015)	Dos grupos de varones: jóvenes (media de 24,0 ± 3,1 años) Varones adultos mayores (media de 70,0 ± 3,3 años). Adultos físicamente activos menores de 25 años. Adultos físicamente activos mayores de 25 años. que no presentaban	Relación directamente proporcional con la amplitud / Componente N4  No se identificó relación entre la amplitud de los componentes P3 o N4 con la actividad física	Prueba Stroop

		Adultos mayores (media de 66 años; SD = 4.3 años)	Relación directamente proporcional entre sedentarismo y actividad cerebral lenta (delta, theta y alfa lenta) en áreas frontales, centrales y temporales	
		Revisión sistemática (diversas muestras)	Funcionalidad (neurodesarrollo o deterioro) directamente proporcional con la amplitud / Componente N4	Análisis lógico de la información
Neurodesarrollo / Neurodeterioro	Kutas y Ferdermeier (2011)	Individuos sanos con edad promedio de 72.88 años, con desviación estándar de 1.00 (media de 72.88 años; SD = de 1 año) Adultos con deterioro cognitivo leve (media de 71 años; SD = 0.6 años) Adultos con enfermedad de Alzheimer (media de 73.9 años; SD = 0.56 años)	Disminución en la amplitud de alfa (8-13 Hz) y una disminución global del ritmo de fondo, con un incremento en la potencia y distribución topográfica de la banda de delta (2-4 Hz) / asociados con envejecimiento y neurodeterioro	Reposo relativo
		Mujeres (media de 20.06 años; SD = 3.66 años)	Predominio izquierdo de la potencia de alfa en regiones frontales directamente relacionado con la preferencia atencional a la comida y el BMI	Exposición a video de consumo de papas fritas
		Mujeres con y sin historia de reducción de peso a partir de un estado de obesidad (edad de 25 a 39 años).	Menor potencia de la banda de delta y mayor de beta en mujeres con historia exitosa de pérdida de peso	Prueba de Stroop (adaptada con imágenes de alimentos y estímulos neutros)
BMI / Conducta alimentaria	McGeown y Davis (2018)	Dos grupos de pacientes con sobrepeso, con adicción a la comida (edad promedio de 47.14 ± 10.71 años) y pacientes sin adicción a la comida (edad promedio 40.14 ± 10.89 años)	La adicción a la comida se relacionó con incrementos en la potencia de la banda de delta en el giro medio frontal derecho y en el giro derecho pre-central, actividad theta en la ínsula derecha y en el giro frontal inferior derecho e incremento en la conectividad funcional entre regiones fronto-parietales en las bandas de theta y alfa (sincronización de fase).	Reposo relativo, reposo posterior a la ingesta de alimentos dulces y reposo posterior a la ingesta de solución salina

Calidad del sueño	Fernández-Mendoza et al. (2016)	Adolescentes con y sin insomnio ( $16.6 \pm 2.0$ años)	Incremento en todas las condiciones de potencia en las frecuencias de entre 25-35 Hz asociado con insomnio	Reposo relativo y registro polisomnográfico
		Jóvenes adultos de 19-32 años.	Mayor potencia en las bandas de beta (13-30 Hz) y gamma (31-50 Hz)	Reposo relativo (antes y después del sueño nocturno)
Consumo de alcohol	Mumtaz et al. (2016)	Personas con abuso de alcohol (edad promedio $56.70 \pm 15.33$ años),	Disminución importante en la potencia de la banda de theta y disminución moderada de la potencia en las bandas de alfa y gamma, principalmente en el hemisferio izquierdo, asociadas con el diagnóstico de alcoholismo	Reposo relativo
		Personas diagnosticadas con (edad promedio $46.80 \pm 9.29$ años)		
		Personas saludables (edad promedio $42.67 \pm 15.90$ años).		
Consumo de metanfetaminas	Stock et al. (2019)	Participantes (edad promedio de 23.59 y mayores de 18 años).	Mayor amplitud del componente N2 y menor del componente P3 relacionados linealmente con el consumo de alcohol	Prueba de Stroop
		Participantes con consumidores de metanfetaminas (media de 29.5 años; SD = 5.3 años)	Relación inversamente proporcional con la amplitud / componentes N2 y N4	
N/A	Chuderski et al. (2016)	Adultos jóvenes (edad de 19 a 33 años)	Relación directamente proporcional entre el nivel de conflicto en la tarea y la amplitud / Componente N4	

*Notas:* La tabla está organizada en función de la primera columna en donde cada uno de los “Factores de Salud” se posiciona de forma centrada en un sentido vertical, respecto de las variables de la segunda columna. N/A= No aplica.

A diferencia de la Tabla 6.1, la Tabla 6.2 muestra inconsistencias entre los hallazgos reportados. Esto también deja ver el hecho de que pequeñas variaciones metodológicas pueden dar pie a cambios psicofisiológicos importantes, complejizando la interpretación de los hallazgos correspondientes al terreno de la psicofisiología.

En resumen, este capítulo aborda la relación bidireccional entre EF y salud, señalando que hábitos saludables y actividad física mejoran las EF y ciertas competencias asociadas con las

EF facilitan la elección de estilos de vida saludables. Se revisa cómo la actividad física impacta las EF y cómo la obesidad y sobrepeso se relacionan con disfunciones ejecutivas. Además, se explora la conexión entre las EF, salud y actividad eléctrica cerebral, mostrando cómo el EEG refleja diferencias individuales y se relaciona con las EF y factores de salud.

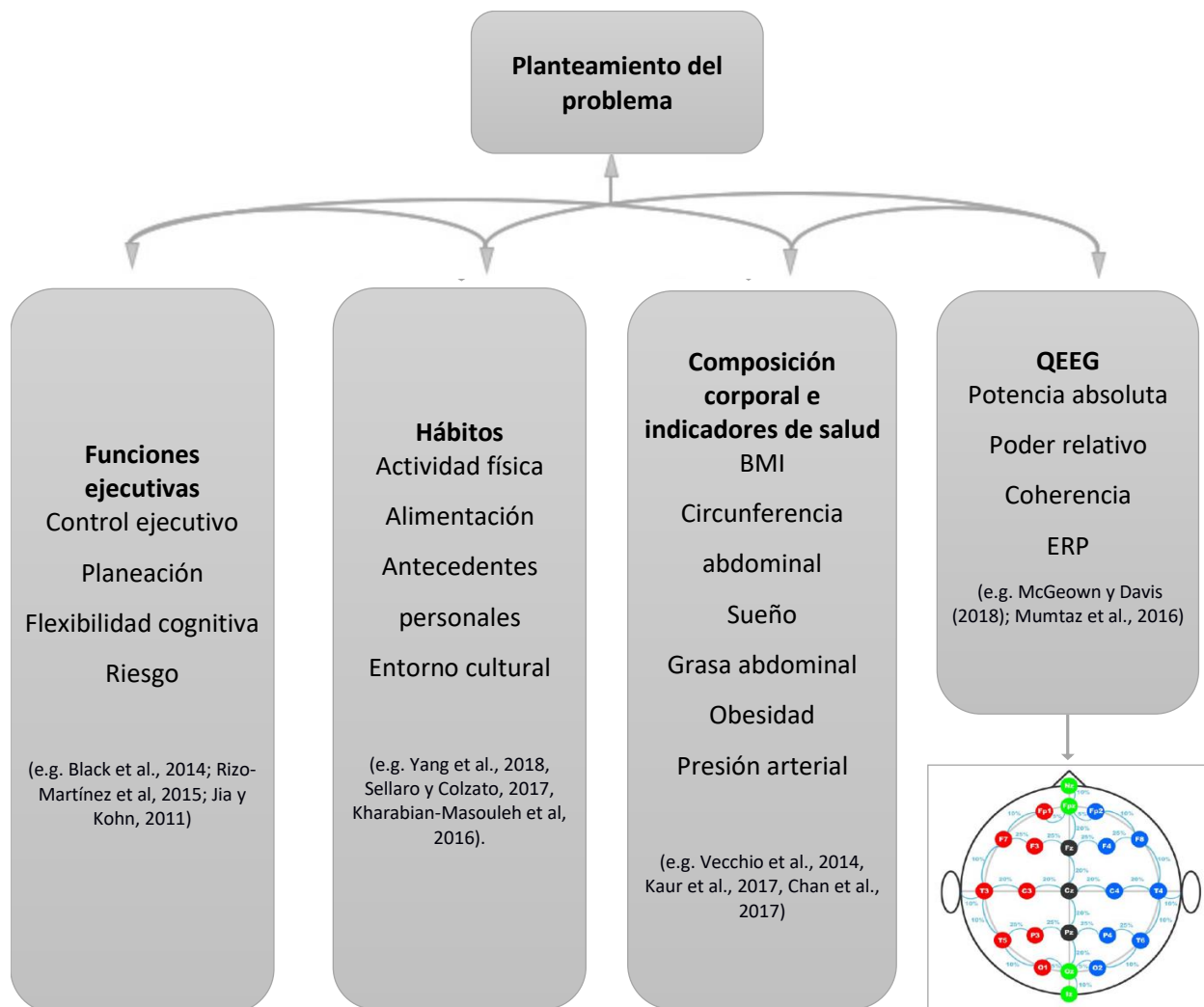
## Capítulo 7: Planteamiento del problema

El funcionamiento cognitivo, en particular las EF participan en múltiples aspectos de la vida humana, como los son los hábitos relacionados con la salud. A su vez las EF se relacionan con el funcionamiento de la corteza prefrontal, lo cual puede ser medido e identificado por medio de estudios de imagen como la resonancia magnética o estudios electrofisiológicos como el EEG o QEEG.

Como se ha mencionado anteriormente, existe evidencia que relaciona las EF con indicadores y hábitos salutógenos. Esta relación parece darse en ambos sentidos ya que estos indicadores y hábitos permiten entre otras cosas el EC y la planeación, los cuales afectan la manera en cómo las personas interactuamos con la comida y la actividad física, así como otros hábitos de vida asociados con la salud y el sobrepeso, por otra parte, el estado de salud afecta el funcionamiento cerebral y el desempeño medible en EF (ver Figura 7.1).

**Figura 7.1.**

*Síntesis esquemática del planteamiento del problema.*



*Notas:* Las flechas en la parte superior indican relaciones de interdependencia entre los factores.

No obstante, la literatura existente acerca de la relación entre algunas EF, como la planificación o el EC, y los procesos de salud/enfermedad es limitada, lo que incluye hábitos, antropometría e indicadores de salud en la población mexicana. En este sentido, la mayoría de

los estudios revisados en este documento y los metaanálisis disponibles no incluyen muestras representativas de esta población. A pesar de que los estudios relacionan el funcionamiento de la PFC con indicadores de salud como el sobrepeso y la ingesta calórica, la mayoría de las técnicas de imagen que se utilizan para tal fin son costosas, invasivas y, en algunos casos, implican riesgos para la salud, como la exposición a radiación. En contraste, hay otras técnicas más económicas, no invasivas y con buena resolución temporal, como los polígrafos para EEG, que permiten la exploración funcional del cerebro.

Por lo tanto, falta por conocer si existe relación entre EF e indicadores de salud y hábitos en personas de nacionalidad mexicana, con especial atención a variables relacionadas con el EC y la planeación, y si esta relación está vinculada de manera psicofisiológica con variables de la actividad eléctrica cerebral de la corteza frontal.

### ***Objetivo general***

Analizar la relación de predictibilidad que tienen las EF y el funcionamiento electrofisiológico de los lóbulos frontales respecto de hábitos y medidas de salud en adultos.

### ***Objetivos específicos***

1. Analizar la relación de predictibilidad del control de ejecutivo, planeación, CFL y riesgo respecto de hábitos entendidos como patrones consistentes de comportamiento con la salud.
2. Analizar la relación de predictibilidad de las EF ya mencionadas respecto de indicadores de salud.

3. Analizar la relación de predictibilidad entre la actividad eléctrica cerebral de los lóbulos frontales y las características del desempeño en las tareas asociadas con EF.
4. Analizar la relación de predictibilidad entre la actividad eléctrica cerebral de los lóbulos frontales respecto hábitos e indicadores de salud.

En resumen, este capítulo plantea el problema a explorar en las subsecuentes fases, partiendo del papel fundamental de las EF en la adopción de hábitos saludables y su relación con la actividad de la corteza prefrontal. Se propone explorar la capacidad predictiva de las EF y la actividad electrofisiológica frontal en hábitos y medidas de salud en adultos mexicanos, destacando la falta de investigación detallada sobre esta interacción en población mexicana.

## Capítulo 8: Fase 1

El objetivo de la presente investigación fue analizar la relación de predictibilidad que tienen las EF y el funcionamiento electrofisiológico de los lóbulos frontales respecto de hábitos de salud, medidas de salud y composición corporal en adultos.

Para cumplir con este objetivo, se desarrolló una fase previa de “Validación de pruebas cognitivas” descrita únicamente en el Apéndice K y dos fases orientadas a dar respuesta a los objetivos. La Fase 1 tuvo la función de descartar variables que no presenten una relación potencialmente significativa y robustecer aquellas categorías o factores que sí, mientras que la segunda tuvo la función de poner a prueba las hipótesis.

Aunque la Fase 1 no buscó comprobar hipótesis, su metodología se orientó en función de los objetivos específicos pertinentes (Primero y Segundo) y las variables correspondientes, el análisis de los respectivos resultados se sistematizó de manera coherente con los objetivos, empleando las variables derivadas de las pruebas cognitivas y como se relacionan con los hábitos e indicadores de salud (ver Tabla 8.1).

**Tabla 8.1.***Síntesis descriptiva de las hipótesis con base en los parámetros.*

Objetivo / Hipótesis	Variable X	Hipótesis de relación	Variable Y
1.1	Efectividad en el desempeño en la prueba de Stroop (1.1.1) y ATL (1.1.2)	(+)	Consumo de frutas y verduras
1.2	Efectividad en el desempeño en la prueba de Stroop (1.2.1) y ATL (1.2.2)	(-)	Consumo excesivo de alcohol
1.3	Efectividad en el desempeño en la prueba de Stroop (1.3.1) y ATL (1.3.2)	(+) (-)	Sueño profundo y sueño REM Sueño ligero y sueño despierto
1.4	Efectividad en el desempeño en la prueba de ATL	(+)	Actividad física y Número de pasos diarios
1.5	Efectividad en el desempeño en la prueba de AWCT	(+)	Actividad física y Número de pasos diarios
1.6	Efectividad en el desempeño en la prueba BART	(+)	Eventos mensuales reportados de consumo de alcohol excesivo
2.1	Efectividad en el desempeño de la prueba de Stroop (2.1.1) ATL (2.1.2)	(-)	Grasa visceral
2.2	Efectividad en el desempeño de la prueba ATL	(-)	Presión arterial promedio (mmHg)

*Notas:* La efectividad en el desempeño en las pruebas se midió de la siguiente manera: prueba de Stroop con base en el porcentaje de errores y tiempo de reacción ante el estímulo incongruente, prueba de ATL con base en el tiempo de planeación, el nivel alcanzado con el mínimo de movimientos y la cantidad errores de transgresión, prueba BART con base en el coeficiente de variabilidad y la cantidad de dinero total generado en la prueba. Las medidas de sueño corresponden al promedio de los días registrados, al igual que el número de pasos. La actividad física corresponde al tiempo semanal reportado por los participantes. La relación de la hipótesis hace referencia a ser positiva (+) entendida como aumento en la variable independiente genera incrementos en la variable dependiente o viceversa. La otra relación es inversa (-) entendido como el aumento en la variable dependiente decrementa la variable dependiente.

### ***Variables Fase 1***

El estudio completo contempla tres categorías para realizar las mediciones: EF, salud y actividad eléctrica cerebral. En la Fase 1 únicamente se midieron las dos primeras categorías. El EC fue evaluado mediante la prueba de Stroop, la planeación fue evaluada mediante la Torre adaptada

de Londres (ATL por sus siglas en inglés) y la CFL fue evaluada mediante la prueba de Cartas de Wisconsin (AWCT por sus siglas en inglés), mientras que la respuesta ante condiciones de riesgo-beneficio fue evaluada con la prueba de BART. En la Tabla 8.2 se presentan cada constructo, con su correspondiente prueba y las variables que se midieron.

**Tabla 8.2.**

*Variables correspondientes a la categoría de Funciones ejecutivas.*

<b>Función ejecutiva</b>	<b>Prueba</b>	<b>Variable</b>
Control Ejecutivo	Prueba de Stroop	Porcentaje de Errores con estímulos congruentes (% Err. Con.)
		Porcentaje de errores con estímulos incongruentes (% Err. Incon.)
		Tiempo de Reacción (RT por sus siglas en inglés)
Planeación	Torre de Londres Adaptada (ATL)	Tiempo de planeación en milisegundos (PLT)
		Niveles alcanzados en el mínimo de movimientos (LAMM)
Flexibilidad Cognitiva	Prueba adaptada de cartas de Wisconsin (AWCT)	Número total de transgresiones a las reglas (Trans. Totales)
		Número de categorías alcanzadas (Cat. Alc.)
Riesgo	Tarea de riesgo del globo análogo (BART)	Número de respuestas perseverativas (Resp. Persev.)
		Coefficiente de variabilidad en globos de bajo riesgo (COV LR)
		Coefficiente de variabilidad en globos de alto riesgo (COV HR)
		Dinero Total

*Notas:* Únicamente fueron analizadas en esta fase las variables indicadas en la columna de la derecha.

La segunda categoría correspondió a salud, siendo a su vez dividida en Hábitos relacionados con la salud y medidas de salud (ver Tabla 8.3).

**Tabla 8.3.**

*Variables correspondientes a la categoría de Indicadores Salud.*

<b>Sub-Categoría</b>	<b>Variable</b>
Hábitos de Salud (HH)	Eventos Mensuales de Consumo de Exceso de Alcohol (MEEAD)
	Fruta (Porciones diarias)
	Verdura (Porciones diarias)
	Ejercicio reportado (Minutos semanales)
Medidas	Promedio de pasos diarios
	Cantidad de sueño total (Horas)
	Tiempo de sueño ligero (Promedio de minutos diarios)
	Tiempo de sueño profundo (Promedio de minutos diarios)
	Tiempo de sueño REM (Promedio de minutos diarios)
	Tiempo despierto
	Índice de masa corporal (BMI)
	Nivel de grasa visceral (VFL)
Promedio de presión arterial Diastólica + Sistólica (Brazo Izquierdo)	

*Nota:* Los indicadores de salud fueron divididos en las subcategorías de Hábitos de Salud y Medidas de Salud (indicados en la columna de la izquierda). En la columna de la derecha se muestran las variables utilizadas, correspondientes a cada categoría.

Las variables se dividieron en predictoras y dependientes, siendo las primeras derivadas de la ejecución de las pruebas cognitivas (ver Tabla 8.1) y las dependientes correspondiendo a las mediciones de salud y hábitos (ver Tabla 8.2).

### ***Participantes***

Participaron en este estudio 35 personas (19 de género femenino), mexicanos de nacimiento y que radicaran en México, de los cuales se excluyeron 5 participantes (4 de género femenino).

### ***Determinación de la Muestra***

La selección de la muestra para este estudio fue a conveniencia, el tamaño de la muestra se determinó considerando el valor mínimo de muestras requeridas para el uso de pruebas paramétricas.

**Criterios de Inclusión.** Sin restricción de estado civil, escolaridad mínima de preparatoria terminada, con edad de entre 30 y 50 años (esto con el objetivo de que ya contaran con la maduración total o máxima de su sistema nervioso central y de que el deterioro neurocognitivo por la edad no alcanzara un grado importante). No padecer enfermedades crónico-degenerativas a excepción de DM2 (no dependiente de insulina) o hipertensión. No encontrarse bajo medicación psiquiátrica o neurológica. Saber leer y escribir, así como no presentar antecedentes de padecimientos neurológicos (accidentes cerebrovasculares, traumatismos craneoencefálicos o lesiones). No contar con miembros amputados o historia de cirugías para el control o reducción de peso. No presentar lesiones que impidieran realizar actividad física. No presentar padecimientos agudos los días de evaluación. No hubo consideraciones respecto de la lateralidad de los participantes, sin embargo, se tomó registro de esta.

**Criterios de Exclusión.** No estar de acuerdo con la carta de consentimiento informado, no terminar las pruebas, solicitar explícitamente ser excluido de la investigación en cualquier momento, que se identificara a posteriori alguno de los criterios contrarios a la inclusión, incapacidad para resolver los ejercicios previos a las pruebas cognitivas después de que se le hubiera repetido tres veces las instrucciones y modelado la tarea o presencia de alguna enfermedad durante el periodo de evaluación.

### *Instrumentos*

Para las mediciones fisiológicas se emplearon distintos instrumentos. Se empleó la Báscula TANITA (BC Fitscan 585 F), y el Baumanómetro manual marca Welch Allyn; así como pulseras para registro de actividad física y cardiovascular (Fitbit<sup>MR</sup>, modelo Inspire HR). Las pruebas neuropsicológicas fueron administradas mediante el Software para pruebas cognitivas de ejecución Smart-B 2.0 PsychoTest. Para el registro de los eventos, así como la ejecución del Software de pruebas cognitivas, se utilizó una computadora portátil marca HP, modelo G2TBSST con monitor de 14 pulgadas y sistema operativo Windows 10<sup>®</sup>, conectada a un ratón inalámbrico.

**Pruebas Cognitivas.** El uso de pruebas de ejecución en la evaluación neuropsicológica es generalizado (e.g. Alcaraz et al., 2013; Bilder y Reise, 2019; Yang et al., 2018), debido a que este tipo de pruebas están soportadas por bases empíricas y suelen presentar correspondencias consistentes con variables del funcionamiento cerebral (Morra et al., 2018).

**Prueba de Stroop.** En esta versión de la prueba el participante debe responder al color de la palabra independientemente de lo que denote la palabra. Se presentan a los participantes un total de 400 estímulos secuencialmente y un 50% de ellos son congruentes, es decir que la palabra hace referencia a su propio color. Los estímulos se encontraban mezclados de manera aleatoria (Los colores utilizados son: VERDE, AMARILLO, ROJO y AZUL y las palabras utilizadas son verde, amarillo, rojo y azul).

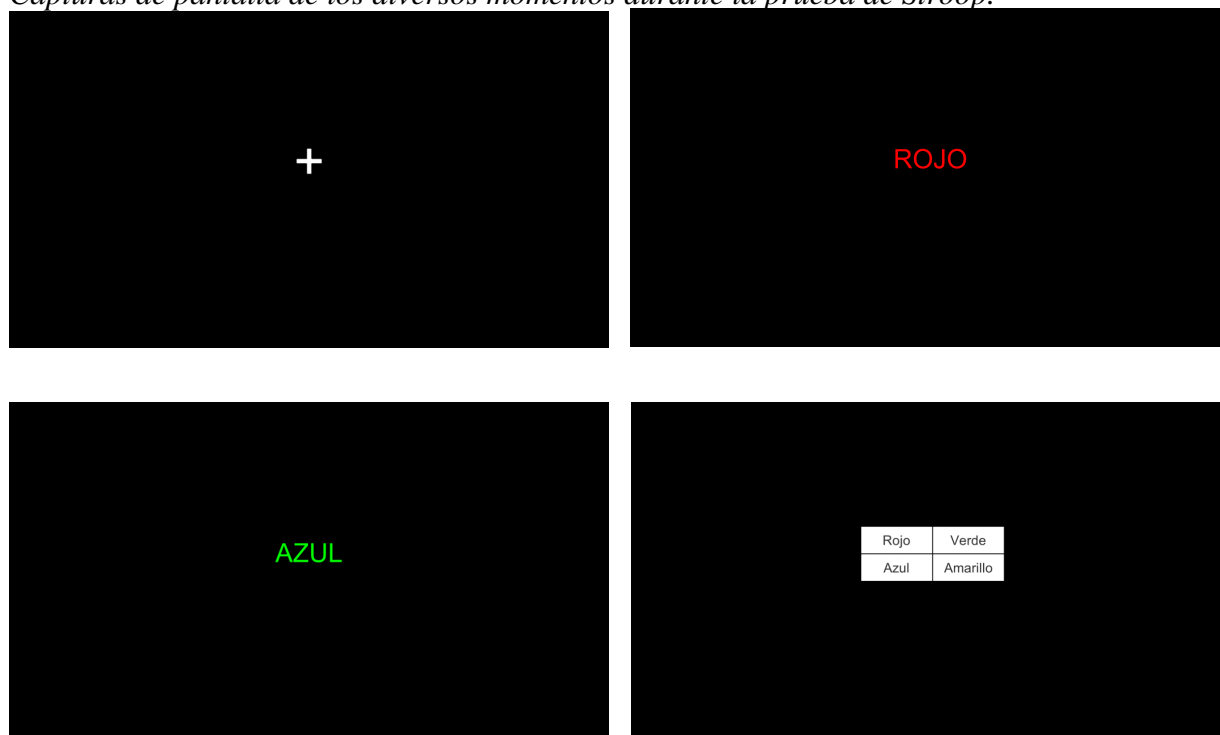
En cada ensayo inicia con un punto de fijación que es una cruz en el centro de la pantalla que indica el punto donde el participante deberá fijar su atención y se presenta durante 500 milisegundos (ver Figura 8.1). Después se presentaba el estímulo (una palabra escrita en un color

de 6 cm de ancho aproximadamente) durante 600 milisegundos. Por último, se presentaban cuatro botones que aparecen en el centro de la pantalla con los nombres de los estímulos utilizados durante un tiempo variable entre los 1000 y los 1200 milisegundos (ver Figura 8.1). El participante debía seleccionar con el ratón la opción adecuada,

Previo el inicio de cada prueba, se realiza un ejercicio de práctica con 10 estímulos de cada tipo (congruentes e incongruentes). El aplicador se aseguró que el participante comprendió las instrucciones al ejecutar y logra resolver la tarea con un 50% de efectividad, de lo contrario se repitieron las instrucciones, hasta en dos ocasiones. Si el participante no lograba resolver este ejercicio satisfactoriamente, se daba por cancelada la evaluación. Las variables registradas fueron tiempo de reacción y porcentaje de errores para estímulos congruentes e incongruentes.

**Figura 8.1.**

*Capturas de pantalla de los diversos momentos durante la prueba de Stroop.*



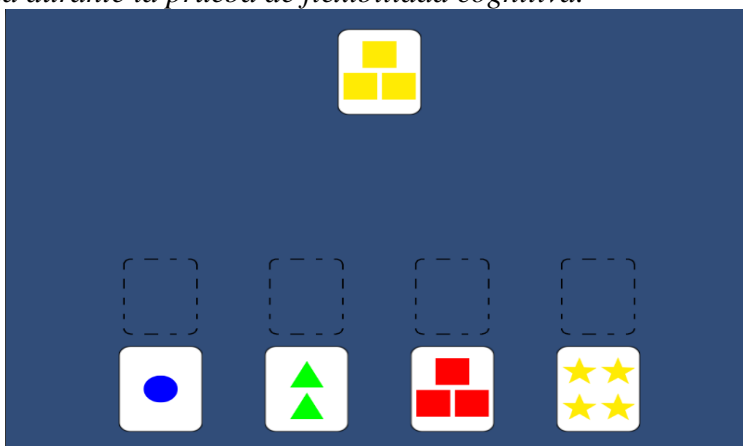
*Notas:* El panel superior izquierdo muestra el punto de fijación. El panel superior derecho es un ejemplo de un estímulo congruente (mismo color palabra y color referido). El panel inferior izquierdo es un ejemplo de un estímulo incongruente (distinto color palabra y color referido). El panel inferior derecho muestra la ventana con los botones para responder.

***Prueba de Flexibilidad Cognitiva.*** La prueba que se utilizó fue una adaptación electrónica de la prueba de cartas de Wisconsin (AWCT por sus siglas en inglés). En esta tarea se presentaron a los participantes 4 cartas muestra en la parte inferior de la pantalla y una carta en la parte superior (de un mazo con un total de 64 cartas). El participante debió arrastrar con el ratón de la computadora la carta de arriba al recuadro punteado que está frente a cada una de las cartas muestra, de acuerdo con la relación o clasificación que el participante consideró al momento de ordenar las cartas, ya sea por número, figura o color (ver Figura 8.2). Si la clasificación que el participante realizó fue correcta, le apareció el letrero de “correcto” y lo

correspondiente si es incorrecto. Una vez que el participante alcanzó 10 aciertos en el mismo criterio, se cambió el criterio de clasificación (e.g. si el criterio inicial era número ahora el criterio podría ser color). Para cada participante, se registraron los aciertos, las respuestas perseverativas (cuando el participante realiza una clasificación incorrecta a pesar de haber recibido retroalimentación inmediata previa indicando el error) y las categorías alcanzadas.

### Figura 8.2.

*Captura de pantalla durante la prueba de flexibilidad cognitiva.*



*Notas:* En la parte superior se observa la carta (en este caso, con 3 cuadrados amarillos), que el participante deberá arrastrar hasta colocarla en el recuadro punteado frente a la carta que considere que corresponde (criterio de color, forma o número).

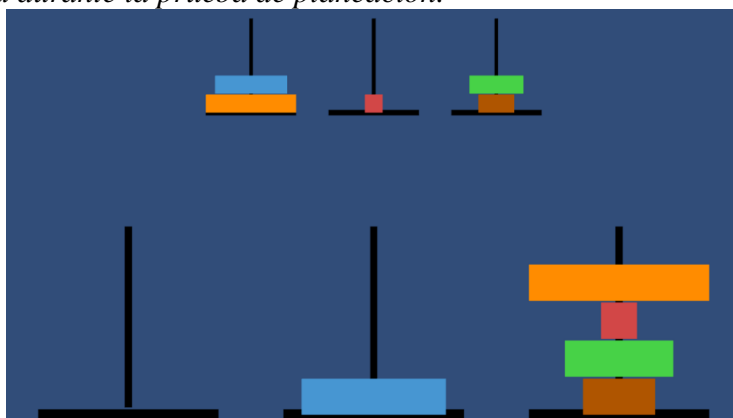
***Prueba de planeación.*** Esta prueba es una adaptación electrónica de la torre de Londres (ATL) en la que el participante debía igualar la imagen presentada en la parte superior de la pantalla, utilizando el tablero y las piezas de la parte inferior con la menor cantidad de movimientos posibles y respetando las siguientes reglas: mover solamente una pieza a la vez, no se podrá mover una pieza que tenga otras piezas encima, en el poste central no deberá haber más de dos piezas y en el mismo poste central no deberá haber una pieza pequeña debajo de una más grande (ver Figura 8.3).

Cada nivel tenía una cantidad mínima de movimientos, 3 para el nivel inicial y 12 para el décimo y último nivel. Los problemas se fueron presentando por nivel en orden ascendente de acuerdo con el número de movimientos mínimos. Se contabilizó el tiempo de planeación (tiempo desde que se presenta el problema y hasta que el participante comienza a responder), niveles logrados con el mínimo de movimientos (LMM por sus siglas en inglés) y transgresiones (violaciones a la regla, e.g. poner piezas de más o en desorden en el caso de la torre de en medio). Adicionalmente, en caso de transgresión, el programa regresaba automáticamente la pieza al último movimiento antes de la violación. Un movimiento se contó a partir de que la pieza salió de uno de los postes. En caso de llegar a dos minutos sin lograr la figura muestra, se cambió de ejercicio, lo mismo aplica en caso de acumular 20 movimientos.

Previo al inicio de la prueba, se realizó un ejercicio de práctica que comprendió dos ensayos con un nivel bajo de complejidad (requiriendo 3 y 4 movimientos mínimos para resolverse). El aplicador se aseguró que el participante comprendió las instrucciones al ejecutar y pudiera resolver adecuadamente al menos uno de los dos ensayos sin cometer transgresiones. De lo contrario se repetían las instrucciones hasta en dos ocasiones. Si el participante no lograba resolver este ejercicio satisfactoriamente no se continúa con la evaluación.

**Figura 8.3.**

*Captura de pantalla durante la prueba de planeación.*



*Nota:* Las torres en la parte inferior de la imagen son manipuladas por el participante para igualarlas con las torres de la parte superior (muestra).

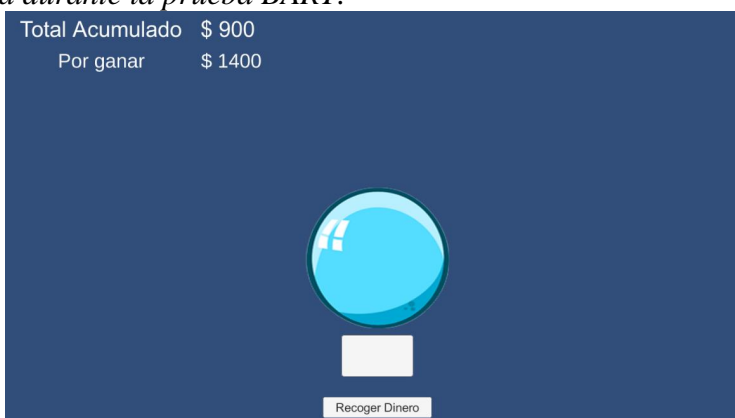
***Prueba de Riesgo.*** En la prueba análoga de riesgo (BART por sus siglas en inglés), el participante debe acumular la mayor cantidad de dinero posible a través de múltiples ensayos mediante el inflado de globos en un programa de computadora. En la adaptación utilizada para los fines de esta investigación, se desarrolló un algoritmo que proyecta la imagen de un globo en dos posibles colores (azul y verde), cada uno se asoció con bajo riesgo o alto riesgo respectivamente (la probabilidad de reventar). El globo se encontraba en la parte central de la pantalla de la computadora, por debajo del horizonte y al expandirse lo hace hacia arriba y a los lados. En la parte superior izquierda de la pantalla se colocaron dos indicadores, el indicador superior mostraba el total de dinero acumulado en el total de ensayos y el que se encontraba debajo de este corresponde al dinero acumulado en el ensayo en curso. Debajo del globo, se encontraba un recuadro blanco que corresponde al botón para inflar y debajo de éste una barrita con el letrero “Recoger Dinero”, que como su nombre lo indica se utilizó para recoger el dinero de la partida o ensayo (ver Figura 8.4). Ambos globos utilizan un algoritmo que implica azar

(muestreo con reemplazo) para determinar en qué momento van a reventar. El globo de bajo riesgo reventaba en cualquier momento situado entre la inflada 1 y la inflada 40, mientras que el de alto riesgo reventaba entre la inflada 1 y la 10. Se aplicaron en una distribución aleatoria que comprendió 20 ensayos de bajo riesgo y la misma cantidad de ensayos de alto riesgo por participante. Los participantes recibieron \$400 por cada click en la condición de Alto Riesgo (AR) y para la condición de Bajo Riesgo (BR) recibieron \$100. El globo de AR era verde, mientras el globo de BR era azul. Los participantes no recibieron ninguna instrucción inicial que permitiera identificar las contingencias asociadas a cada globo, ni realizaron una fase de prueba o entrenamiento previos a la realización de la tarea.

Las variables registradas fueron *coeficiente de variación* de inflaciones ajustadas ( $COV = \text{Desviación estándar} / \text{Promedio del número de infladas de los ensayos donde los globos no reventaron}$ ) por condición (globo de bajo y globo de alto riesgo) y la cantidad total de dinero generada por el participante.

### Figura 8.4.

*Captura de pantalla durante la prueba BART.*



*Notas:* Los indicadores en la parte superior corresponden a la cantidad que la persona a capturado de forma segura (Total acumulado) y la que lleva acumulada en el ensayo al que se responde en el momento. Inmediatamente por debajo del globo se encuentra un recuadro blanco, que funge como botón electrónico para inflar el globo. En la parte inferior, el botón electrónico con la leyenda “Recoger Dinero” permite al participante terminar el ensayo, moviendo automáticamente el dinero “Por ganar” a “Total Acumulado”.

Para la prueba BART, la contingencia de la prueba implicó la posibilidad de ganar \$3000 m.n. en efectivo, de modo que el participante que generó mayor cantidad de dinero acumulado en la prueba se quedó con la cantidad estipulada de dinero real. Para detalles en el proceso de validación de las pruebas ver el apartado de “Validación de pruebas cognitivas” (Apéndice K).

### ***Actividad Física y Sueño***

Las pulseras FitBit<sup>®</sup> se colocaron con apego a las instrucciones del fabricante y se realizó el monitoreo durante los días suficientes hasta tener la medición de 7 días completos (uno por cada día de la semana), se pidió a los participantes que llevaran a cabo su vida normal y que no se retiraran la pulsera. Los registros se realizaron en un periodo no mayor a 30 días desde la aplicación del resto de pruebas y toma de medidas. Para su análisis se excluyó el primer día de registro considerándolo como día de habituación y los días de carga de la pulsera. Se analizó

número de pasos totales y tiempo de las fases de sueño REM (movimientos oculares rápidos por sus siglas en inglés), sueño profundo y sueño ligero. Con el fin de que el participante no estuviera expuesto a retroalimentación, la pantalla de la pulsera se pintó de negro. Todo esto con el objetivo de conservar en lo posible la conducta de los participantes en escenarios naturales.

### ***Hábitos de salud***

Se aplicó el cuestionario de hábitos de salud (Vega-Michel y Camacho, 2012), que está compuesto por 23 preguntas. Este cuestionario permite identificar datos generales del participante y comportamientos vinculados con la salud como alimentación, consumo de tabaco o actividad física. Este cuestionario se modificó con el objetivo de identificar eventos de consumo excesivo de alcohol (ver Secretaría de Salud, 2012). Para ello, primeramente, se les solicitó a los participantes que hicieran un recuento de su consumo de alcohol los últimos 15 días y posteriormente que lo compararan con sus últimos 6 meses y en función de ello establecieran un aproximado habitual. Dicha información se obtuvo al agregar una pregunta al cuestionario: Contestar solamente si tu género es FEMENINO ¿En cuántas ocasiones en un mes llegas a consumir 4 o más copas en un día? (5 copas o más para las personas de género masculino). Con el fin de facilitar a los participantes la estimación de medidas de consumo de alimentos y alcohol se proporcionaron diversas tablas (ver Apéndice E).

### ***Medida de presión arterial***

Se utilizó un baumanómetro manual, se tomaron y promediaron las mediciones de presión arterial sistólica y diastólica en ambos brazos siguiendo las indicaciones del manual *STEPS* de la OMS (2006).

### ***Medidas antropométricas***

Se utilizó la báscula con apego a las instrucciones del fabricante; se obtuvo el peso, el nivel de grasa corporal y de masa muscular. El índice de masa corporal se obtuvo dividiendo el peso en kilos entre la altura en metros elevados al cuadrado. La circunferencia abdominal se obtuvo en centímetros de acuerdo con las indicaciones del manual *STEPS* de la OMS (2006): “*Al final de una exhalación normal, con los brazos relajados a cada lado, a la altura de la mitad de la axila, en el punto que se encuentra entre la parte inferior de la última costilla y la parte más alta de la cadera.*” (p. 3-4-8)

### ***Consideraciones éticas***

Los participantes recibieron y firmaron carta consentimiento (ver Apéndice B) en la cual se explicitaron riesgos, libertad de decisión en todo momento del estudio y posterior a éste, el uso de datos agrupados, anonimato en todo momento, protección de datos, objetivos del estudio y adicionalmente los participantes obtuvieron un reporte personalizado de las medidas tomadas en una sesión individual explicativa de aproximadamente una hora por persona.

La presente investigación se alinea con la ley general de investigación en salud, el protocolo cumplió con las bases indicadas en artículo 14 y adicionalmente fue clasificada como “de riesgo mínimo” de acuerdo con el correspondiente artículo 17.

### ***Escenario***

Las pruebas cognitivas fueron aplicadas en cubículos de 1.8 x 3 metros, equipados con sillas que contaban con respaldo y descansabrazos. Estos cubículos se encontraban en condiciones de poco ruido externo (no sonido de motores, vehículos o personas gritando) y se mantuvo una temperatura controlada entre 21 y 23°C. También se dispuso de un sillón en el que los participantes se sentaban para leer la carta de consentimiento, resolver sus dudas y recibir ciertas instrucciones, tales como el uso de la pulsera FitBit<sup>MR</sup>. La computadora utilizada para administrar las pruebas cognitivas se encontró en un escritorio de aproximadamente un metro de ancho y 60 cm de profundidad, equipada con un monitor de 32 pulgadas. Se aseguró que los participantes estuvieran ubicados con el rostro a una distancia aproximada de 60 cm del monitor cuando realizaban las pruebas.

### ***Diseño***

El estudio de la Fase 1 fue de corte exploratorio – correlacional.

### **Procedimiento Fase 1**

**Etapa 1.** De manera individual, se le entregó a cada participante las instrucciones previas al estudio (ver Apéndice A). A cada uno se les colocó la pulsera FitBit<sup>MR</sup> en la muñeca de la

mano no dominante y se le pidió que llevaran a cabo su vida normal y que no retiraran la pulsera más que para recargar la batería (durante dos horas cada 4 días, entre las 7-10 pm).

Adicionalmente se les recordó por medio de una llamada telefónica o mensaje de texto, tanto para la conexión de la pulsera a su cargador, como para la colocación de esta nuevamente en la muñeca.

**Etapas 2.** La cita para realizar esta fase se llevó a cabo en un horario entre las 9 am y las 12 pm, se le explicó a cada participante el objetivo de las pruebas y se le entregó la carta consentimiento. Para la aplicación el participante debía no haber comido o consumido cafeína las tres horas previas, no haber tomado alcohol u otras drogas el día anterior, no haber fumado tabaco en la última hora y pasar al baño previamente en caso de que lo necesitaran.

**Toma de medidas biológicas y antropométricas.** Se tomaron después de la aplicación de dos pruebas cognitivas (con el fin de que fungiera como descanso), incluyeron medidas de peso, BMI, nivel de grasa corporal, porcentaje de masa muscular y presión arterial. Los resultados fueron registrados en la hoja de registro (ver Apéndice H). Para el caso de las participantes de género femenino, el registro se realizó fuera del período de sangrado menstrual.

La aplicación de pruebas cognitivas se realizó en orden contrabalanceado (ver Apéndice G), las instrucciones se entregaron por escrito en un formato tamaño carta que incluía imágenes de la prueba (ver Apéndice J); adicionalmente se aplicó un cuestionario acerca de hábitos modificados durante contingencia COVID-19 (ver Apéndice D).

**Entrega de resultados.** Finalmente, se retiró la pulsera, se le entregó al participante un breve reporte que incluía el desempeño en las pruebas cognitivas, las medidas antropométricas, el sueño y la actividad física (ver Apéndice I) y se le agradeció. Al finalizar los registros de todos

los participantes de esta fase, se les presentó una tabla con los resultados del dinero total obtenido en la tarea de riesgo del globo análogo (BART por sus siglas en inglés), mostrando el lugar en el que el participante finalmente se ubicó. A la persona con mayor puntaje se le entregaron \$2000 pesos mexicanos.

### *Análisis de datos*

Para analizar la muestra se calcularon promedio, desviación estándar, mínimos y máximos de todas las variables. Se realizaron pruebas Shapiro-Wilk para verificar la normalidad en la distribución de datos. Adicionalmente se realizaron comparaciones en función de género para todas las variables, para ello se realizaron pruebas U de Mann-Whitney (la elección de esta prueba estadística fue debido a que cada segmento analizado tuvo una  $n=15$ ).

Para analizar las hipótesis en función de la multiplicidad de predictores y variables dependientes, se decidió aplicar el modelo de análisis de correlación canónica. Esta técnica, una extensión de la regresión múltiple y de la correlación, se utiliza cuando la técnica de regresión sería apropiada, pero hay más de una variable dependiente, reduciendo el número de análisis necesarios y por ende la probabilidad de error tipo I. Una característica destacada que puede tener este tipo de análisis es su capacidad para identificar la asociación entre dos grupos de variables, compartiendo propiedades con el análisis de componentes principales y el análisis factorial (Badii et al., 2007). En otras palabras, en lugar de enfocarse en relaciones lineales simples, la correlación canónica considera cómo conjuntos de variables interactúan y se influyen mutuamente en un contexto más amplio.

Dadas las características de la correlación canónica, se considera como un análisis apropiado para las particularidades del objetivo de este estudio. Según Braun y Oswald (2011), muchos problemas en el estudio del comportamiento conducen a múltiples predictores y múltiples variables dependientes que interactúan de manera distinta, resultando en un problema de naturaleza canónica.

En este sentido, este análisis ofrece una visión más orientada al análisis de campo, en contraposición a los análisis puramente lineales (ver Kantor, 1980). Esto se debe a que, en el análisis canónico, la interacción entre las variables específicas que componen la variable canónica, así como los valores de las otras variables como contexto, afectan el resultado global de la fuerza de la relación entre las variables canónicas (ver Badii et al., 2007; Braun y Oswald, 2011). Por lo tanto, este análisis permite la consideración e interpretación simultánea de múltiples relaciones entre las variables y su interrelación global, en lugar de limitarse a relaciones únicas o aisladas.

Finalmente, dentro de este análisis, las "variables canónicas" son combinaciones lineales (es decir, sumas ponderadas) de las variables originales. Estas combinaciones se crean específicamente para maximizar la correlación entre los dos conjuntos de variables y es por ello que este tipo de análisis implica la construcción de variables estimadas a partir de otras variables observadas o medidas (ver Elorza Pérez-Tejada, 2008), en el caso de las variables latentes de tipo canónico, estas dependen de una base teórica - racional para su construcción (ver Badii et al., 2007; Braun y Oswald, 2011). Por lo tanto, una "variable canónica" no es una de las variables originales del conjunto de datos. Es, esencialmente, una abstracción o resumen con la relación más fuerte entre ese conjunto.

Cuando se realiza una correlación canónica se cuenta con dos conjuntos de variables observadas o específicas (e.g., consumo de vegetales, consumo de grasas y consumo de azúcares, porcentaje de errores en la prueba de Stroop y tiempo de reacción en la prueba). Las variables corresponden a una misma categoría teórica (e.g., elección de alimentos está compuesta de consumo de vegetales, consumo de grasas y consumo de azúcares; mientras que ejecución en la prueba de Stroop se compone de porcentaje de errores y tiempo de reacción). De tal manera que se puede agrupar matemáticamente las variables observadas en nuevas variables llamadas canónicas. Esto permite identificar a) relaciones entre las variables canónicas (e.g., relación entre elección de alimentos y ejecución en la prueba de Stroop) y b) la relación entre las variables canónicas y las observadas (e.g., relación entre el consumo de azúcar y la ejecución en Stroop, relación entre consumo de azúcar y elección de alimentos).

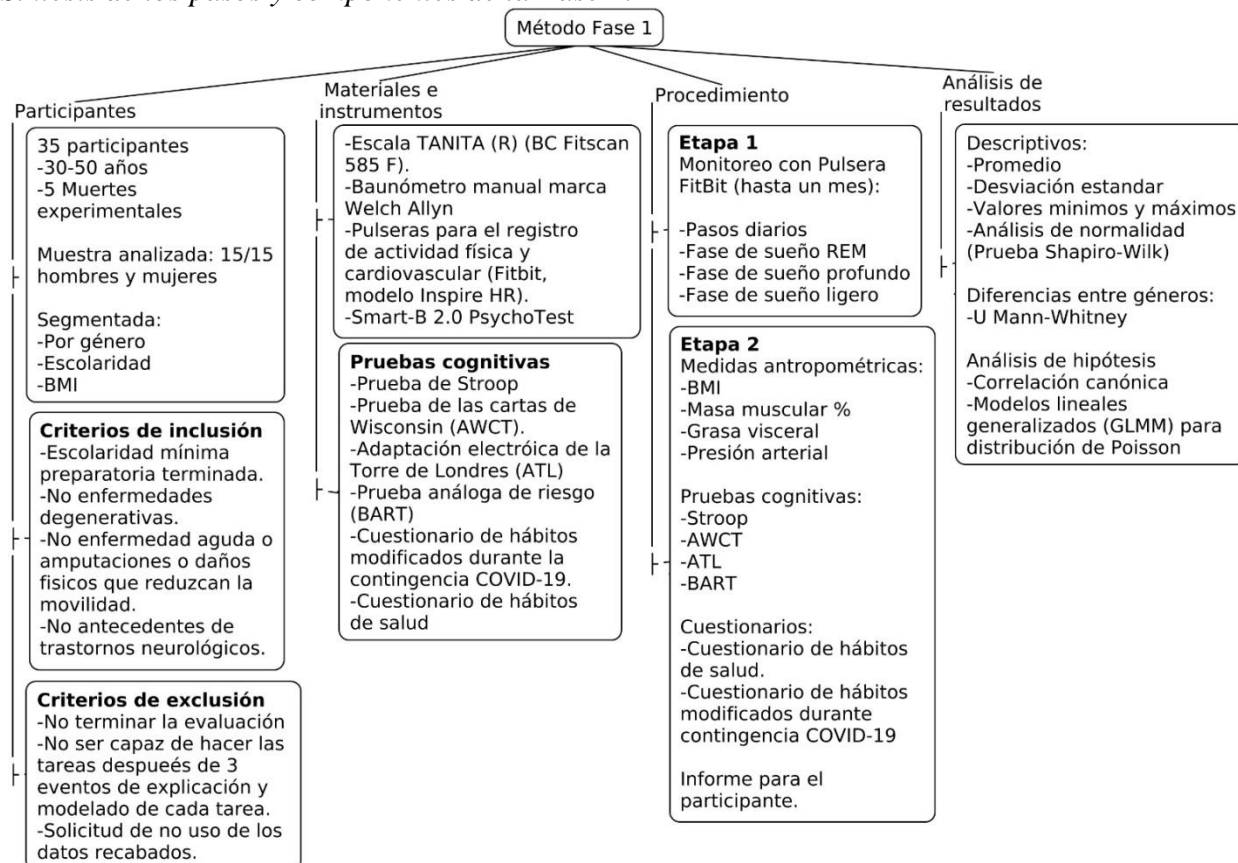
Sin embargo, considerando la naturaleza exploratoria de esta fase se ejecutó solo un análisis por cada variable latente predictora. Esto llevó a cierta adaptabilidad en la construcción de las variables latentes dependientes y la incorporación de un alto número de variables manifiestas o específicas en estas (provenientes de varias hipótesis).

Para la evaluación de la relación entre la respuesta ante condiciones de riesgo-beneficio (BART) y los eventos reportados de consumo excesivo de alcohol se realizó una prueba de Modelos Lineales Mixtos Generalizados (GLMM por sus siglas en inglés) para distribución de Poisson, este tipo de análisis es recomendado para el análisis de predictores múltiples en donde la variable dependiente presenta una distribución no paramétrica (Ato et al., 2013).

A continuación, en la Figura 8.5 pueden observarse de forma sintetizada los pasos y componentes previamente descritos de la metodología de la Fase 1.

**Figura 8.5.**

*Síntesis de los pasos y componentes de la Fase 1.*



## Resultados Fase 1

A continuación, se presentan los resultados descriptivos, así como los análisis predictivos sistematizados en función de los objetivos de esta fase.

### *Resultados descriptivos*

En la Tabla 8.4, se muestran las características generales de los participantes, incluyendo escolaridad (el criterio de inclusión implicó escolaridad mínima de preparatoria). Se observó que

la variable género fue similar entre la muestra (50%), mientras que los años de estudio fueron relativamente similares entre géneros (17 años para hombres, 17.83 para mujeres). El 60% del total de la muestra presentaron un Índice de BMI dentro de rangos saludables, un 30% presentaron sobrepeso y el 10% obesidad de acuerdo con esta medida. El 26.67% de los participantes dormían menos de 6 horas y el 73.33% dormían más de 6 horas (ver adicionalmente la Figuras 4.1 y 4.2). Un 20% de los participantes reportó al menos un MEEAD (Eventos Mensuales de consumo excesivo de alcohol – por sus siglas en inglés).

#### Tabla 8.4.

*Características de la muestra, divididas por género.*

		<b>Edad</b>	<b>Escolaridad</b>	<b>BMI</b>
Hombres	$\bar{x}$	39.73	17	26.33
(n=15)	D.E.	5.31	2.25	4.09
Mujeres	$\bar{x}$	39.33	17.83	23.69
(n=15)	D.E.	5.15	2.49	3.26
$\bar{x}$ (total)		39.53	17.42	25.01
Mínimo		31	12	20.08
Máximo		50	22	36.98
Variable		Escala	Escala	Escala

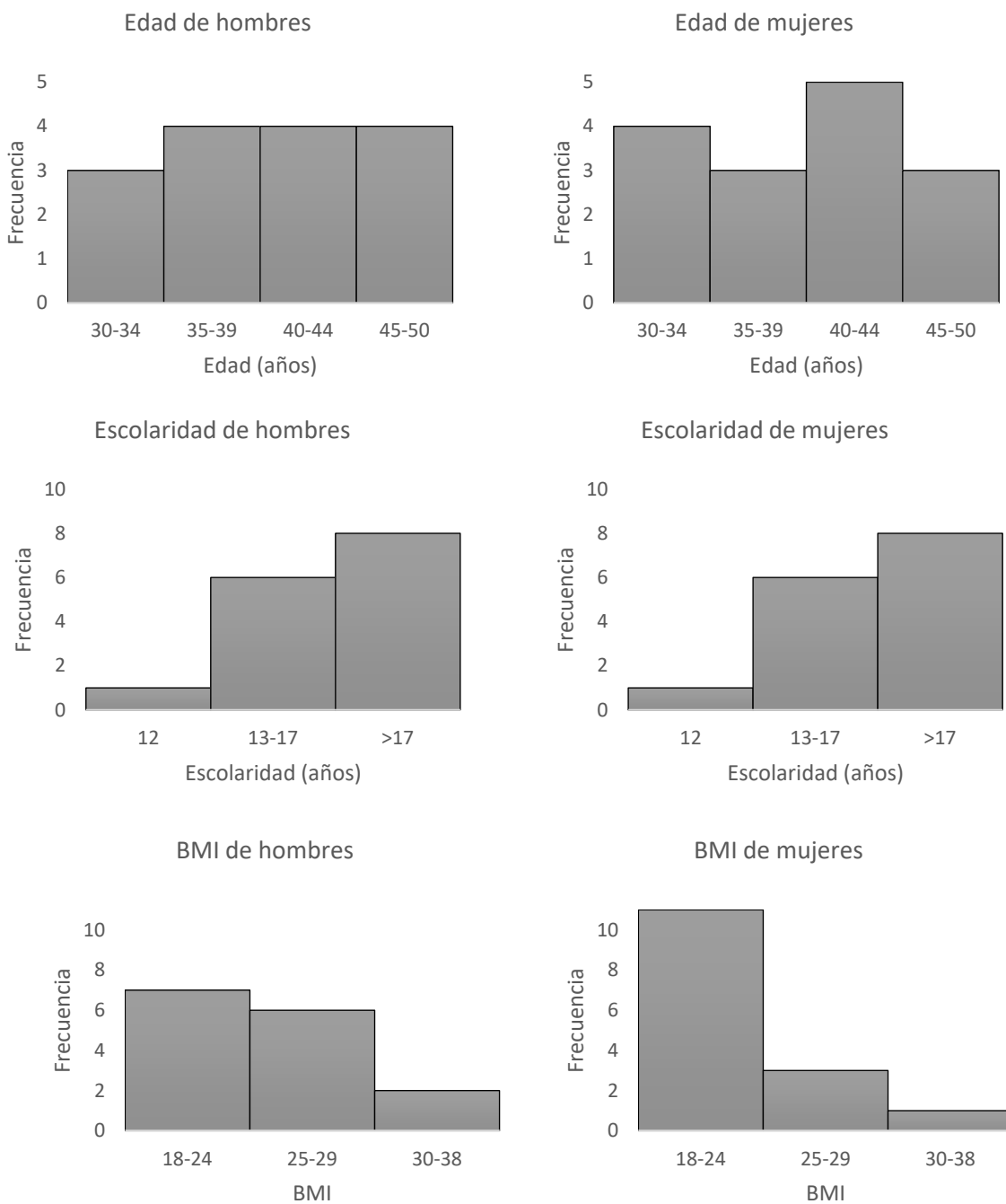
Nota.  $\bar{x}$ = promedio, D.E.= desviación estándar.

En la Figura 8.6 se presentan la distribución de frecuencia de edad y años de estudio por género. En el caso de los hombres, se observó una frecuencia de edad similar entre los rangos 35-39 años hasta 45-50 años, y siendo mayor respecto al rango de 30-34 años. En el caso del género femenino, se observó que la mayor frecuencia se obtuvo en el rango de edad 40-44 años, seguido por el rango de 30-34 años y, siendo menores y teniendo la misma frecuencia los rangos de 35-39 años y 45-50 años. Por parte de la escolaridad, se reportó que el 6.67% contaban con

escolaridad de preparatoria (12 años), el 40% con escolaridad de licenciatura (13-17 años) y el 53.33% con posgrado (mayor a 17 años). La distribución de los porcentajes fue similar para cada género en el apartado de escolaridad. En la distribución del BMI, se observó que la distribución de la muestra presenta una tendencia negativa tanto en el segmento de hombres como en mujeres, aunque esta característica acentúa en el caso de las mujeres.

**Figura 8.6.**

*Distribuciones de frecuencia de la edad, escolaridad y BMI según género.*



*Notas:* paneles izquierdos = hombres, paneles derechos = mujeres.

### ***Resultados de las pruebas cognitivas***

En la Tabla 8.5 se presentan los resultados de la prueba de Stroop y la prueba BART, para cada género. En la prueba de Stroop, de manera general se observó una mayor cantidad de errores con estímulos incongruentes respecto a los estímulos congruentes, con un tamaño del efecto grande ( $z=-4.6$ ,  $p<.001$ ,  $r_{bp}= -.99$ ). Por otra parte, se identificaron diferencias significativas en el porcentaje de errores ante estímulo congruente de la prueba de Stroop en función de género, con un tamaño del efecto moderado, presentando los hombres mayor cantidad de errores que las mujeres ( $U=62.5$ ,  $p<.05$ ,  $r_{bp}= -.44$ ). Por otra parte, no se identificaron diferencias significativas en función de género para otras variables derivadas de la prueba de Stroop, ya que las puntuaciones derivadas del porcentaje de errores ante estímulos incongruentes en las mujeres fueron iguales que las de los hombres ( $U=114.0$ ,  $p= .97$ ,  $r_{bp}= .01$ ), lo mismo que el RT ( $U=85.0$ ,  $p<.27$ ,  $r_{bp}= -.24$ ).

En la prueba de BART (Balloon Analogue Risk Task), el coeficiente de variación en globos de alto riesgo (COV HR) no fue distinto del coeficiente de variación en globos de bajo riesgo (COV LR) ( $t= 1.0$ ,  $p=.30$ ,  $r_{bp}= .19$ ). En la comparativa entre géneros, no hubo diferencias significativas entre hombres y mujeres para ninguna de las variables, COV LR ( $U=101.0$ ,  $p=.65$ ,  $r_{bp}= -.10$ ), COV HR ( $U=127.0$ ,  $p=.57$ ,  $r_{bp}= .13$ ).

**Tabla 8.5.***Desempeño en las pruebas cognitivas (Stroop y BART).*

Pruebas		STROOP			BART		
		% Err. Con.	% Err. Incon.	RT (miliseg.)	COV LR	COV HR	Dinero total
Hombres	$\bar{x}$	1.15	6.12	607.1	0.29	0.35	33240
(n=15)	D.E.	1.70	7.14	94.6	0.12	0.19	7423
Mujeres	$\bar{x}$	1.48	4.57	646.4	0.31	0.32	34800
(n=15)	D.E.	1.31	3.62	66.0	0.10	0.14	7090
$\bar{x}$ (total)		1.32	5.34	626.8	0.30	0.33	34020
Mínimo		0.00	0.25	424.4	0.11	0.00	19500
Máximo		5.50	21.75	790.0	0.48	0.75	49200
Variable		Escala	Escala	Escala	Escala	Escala	Escala

Stroop: % Err. Con.= Porcentaje de errores con estímulos congruentes; % Err. Incon.= Porcentaje de errores con estímulos incongruentes; RT= Tiempo de reacción; BART, COV LR= Coeficiente de Variabilidad en globos de bajo riesgo; COV HR= Coeficiente de Variabilidad en globos de alto riesgo.

En la Tabla 8.6 se presentan los resultados obtenidos en la prueba AWCT y la prueba ATL para cada género. En la prueba AWCT, no se observaron diferencias en función de género ni para las categorías alcanzadas ( $U=121.0$ ,  $p=.73$ ,  $r_{bp}= .08$ ), ni para las respuestas perseverativas ( $U=97.0$ ,  $p=.40$ ,  $r_{bp}= -.18$ ).

En la prueba ATL, no se identificaron diferencias significativas en función de género para ninguna de las tres variables analizadas: Tiempo de Planeación ( $U=120.0$ ,  $p=.78$ ,  $r_{bp}= .07$ ), Transgresiones totales ( $U=88.5$ ,  $p=.33$ ,  $r_{bp}= -.21$ ) y LAMM ( $U=100$ ,  $p=.60$ ,  $r_{bp}= -.11$ ).

**Tabla 8.6***Desempeño en las pruebas cognitivas AWCT y ATL.*

Pruebas		AWCT			ATL	
		Resp. Persev.	Categorías Alcanzadas	PLT (miliseg.)	Trans. Totales	LAMM
Hombres	$\bar{x}$	5.47	3.47	9860.5	7.07	3.93
(n=15)	D.E.	4.78	1.19	5384.3	5.15	1.16
Mujeres	$\bar{x}$	6.80	3.27	8219.2	8.93	4.07
(n=15)	D.E.	5.33	1.28	3144.5	5.79	0.80
$\bar{x}$ (total)		6.13	3.37	9039.9	8.00	4.00
Mínimo		0.00	1.00	4534.5	1.00	2.00
Máximo		20.00	5.00	23285.9	19.00	6.00
Variables		Intervalo	Intervalo	Escala	Escala	Intervalo

*Notas:* Resp. Persev. = Número de Respuestas perseverativas; PLT= Tiempo de planeación; Trans. Totales=Número total de transgresiones a las reglas; y LAMM= Niveles alcanzados con el mínimo de movimientos.

***Resultados de la evaluación de hábitos de salud***

La Tabla 8.7 muestra los resultados de los hábitos tanto reportados (consumo de fruta, verdura, horas de actividad física y eventos mensuales de consumo excesivo de alcohol) como el promedio de pasos diarios monitoreados con la pulsera FitBit<sup>RM</sup>. Los resultados obtenidos no muestran diferencias estadísticamente significativas en función de género para la cantidad de minutos de ejercicio reportados ( $U=88.5$ ,  $p=.92$ ,  $r$   $bp= .03$ ), cantidad de porciones reportadas de fruta ( $U=76.0$ ,  $p=.13$ ,  $r$   $bp= -.32$ ) o de verdura ( $U=85.0$ ,  $p=.24$ ,  $r$   $bp= .24$ ) ni de consumo de alcohol ( $U=136.0$ ,  $p=.20$ ,  $r$   $bp= .21$ ), por otra parte, los hombres presentaron un promedio diario de pasos mayor que en las mujeres, con un tamaño del efecto moderado ( $U=165$ ,  $p<.05$ ,  $r$   $bp= .47$ ) mientras que los hombres reportaron en mayor medida eventos de exceso de alcohol respecto a las mujeres.

**Tabla 8.7***Hábitos relacionados con la salud.*

		<b>Ejercicio reportado (minutos)</b>	<b>Eventos exceso de alcohol</b>	<b>Fruta</b>	<b>Verdura</b>	<b>Promedio de Pasos diarios</b>	<b>Sueño Hrs.</b>
Hombres	$\bar{x}$	232	0.75	1.63	1.86	11296	6.46
(n=15)	D.E.	202.03	1.57	1.08	1.20	4291	0.67
Mujeres	$\bar{x}$	271	0.13	2.60	2.33	8275	6.50
(n=15)	D.E.	315.38	0.35	1.73	1.38	2096	0.51
$\bar{x}$ (total)		251.50	0.44	2.12	2.10	9786	6.48
Mínimo		0	0	0	0	3176	5.10
Máximo		1020	5	6	6	18628	7.81
Variable		Escala	Escala	Escala	Escala	Escala	Escala

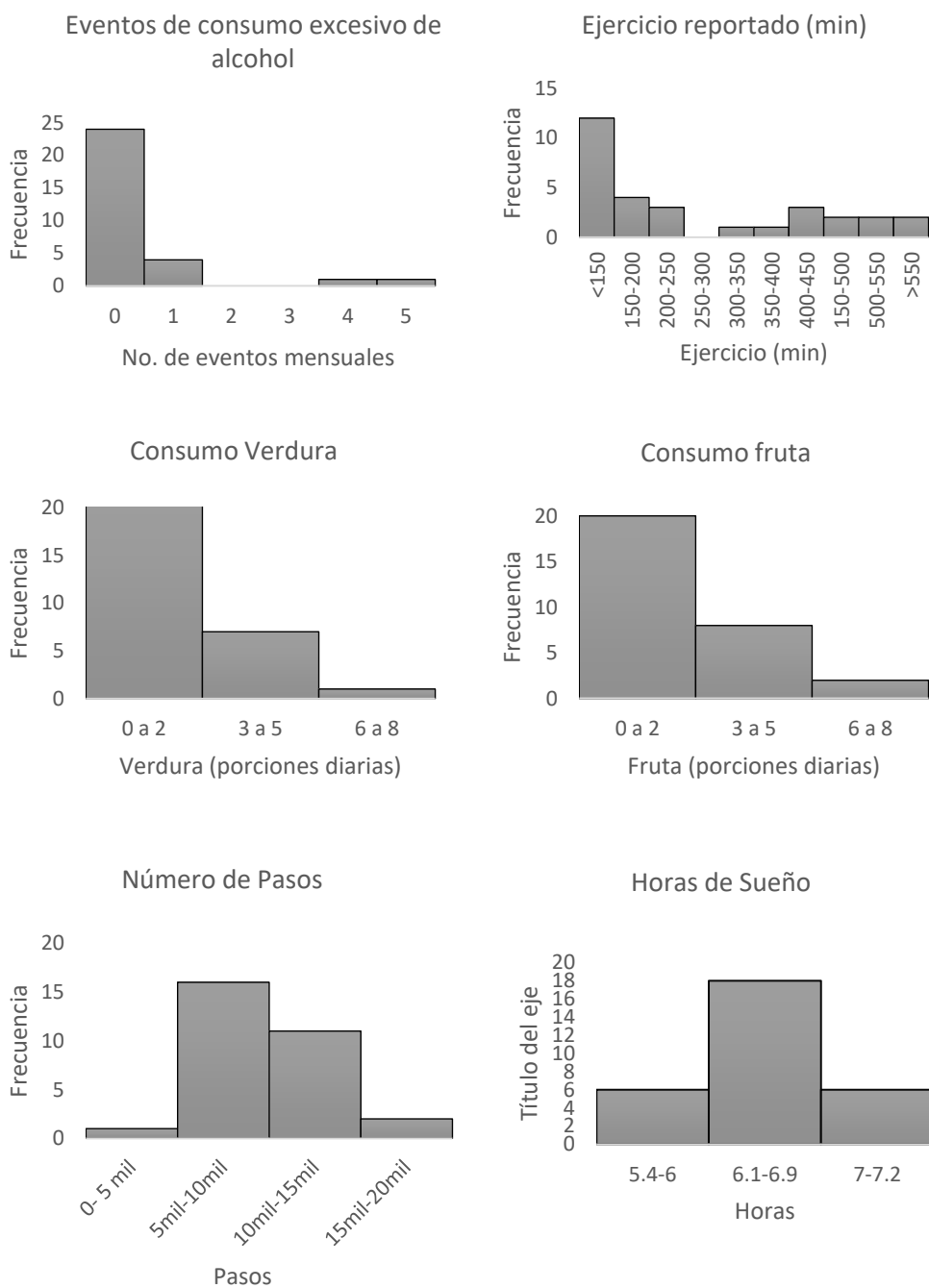
*Nota.*  $\bar{x}$ = promedio, D.E.= desviación estándar. Las categorías de frutas y verduras se presentan en porciones diarias. Eventos exceso de Alcohol= Eventos mensuales de consumo excesivo de alcohol. Ejercicio reportado (acumulado semanal).

En la Figura 8.7 se presentan las distribuciones de frecuencia de los comportamientos relacionados con la salud. Se observó para la mayoría de los valores obtenidos en las variables (número de eventos mensuales de alcohol, minutos de ejercicio reportado, porciones de frutas), se obtuvieron frecuencias altas en valores menores, mientras que en valores mayores la frecuencia obtenida fue menor. Para la variable de número de pasos emitidos, se observó una mayor frecuencia en valores intermedios y se asume que la distribución obtenida para estos resultados es normal.

Con base en los umbrales establecidos por la OMS (2006) para la valoración de un individuo adulto como físicamente activo el 43.3% de la muestra caminó al menos un promedio de 10,000 pasos diarios y un 60% de la muestra reportó realizar al menos 150 minutos de actividad física semanal.

**Figura 8.7.**

*Distribuciones de frecuencia de los comportamientos relacionados con la salud.*



*Notas:* Las mediciones correspondientes al panel inferior se realizaron a partir del registro con pulseras FitBit®, el resto de los paneles presentan datos reportados por los participantes.

En la Tabla 8.8 se presentan las medidas obtenidas de salud y sueño (las medidas de sueño fueron obtenidas a partir del empleo de las pulseras FitBit<sup>MR</sup>). En los indicadores de salud evaluados se observó un mayor puntaje para los hombres respecto a las mujeres únicamente en grasa visceral con un tamaño del efecto grande ( $U=183.0$ ,  $p<.01$ ,  $r$   $bp= .64$ ), por otra parte, las medidas de presión arterial no mostraron diferencias significativas entre géneros ( $U=143.0$ ,  $p=.20$ ,  $r$   $bp= .28$ ). Respecto al apartado de sueño, los resultados obtenidos indican similitud entre hombres y mujeres respecto del promedio Total de horas dormidas ( $U=105.0$ ,  $p=.78$ ,  $r$   $bp= -.07$ ), Minutos despierto ( $U=84.0$ ,  $p=.24$ ,  $r$   $bp= -.25$ ), Sueño Ligero ( $U=117.0$ ,  $p=.87$ ,  $r$   $bp= .40$ ) y sueño REM ( $U=111.0$ ,  $p=.7$ ,  $r$   $bp= -.01$ ). Sin embargo, las mujeres tuvieron una mayor cantidad de minutos en sueño profundo con un tamaño del efecto mediano ( $U=63.5$ ,  $p=.04$ ,  $r$   $bp= -.44$ ).

**Tabla 8.8.**

*Medidas de salud.*

		Presión arterial			Sueño (minutos)			
		Grasa visceral	$\bar{x}$ Diastólica + Sistólica	Total (hrs.)	Despierto	Ligero	Profundo	REM
Hombres	$\bar{x}$	9.00	96.73	6.46	54.93	236.83	64.36	86.17
(n=15)	D.E.	4.46	7.25	0.67	10.39	34.00	12.15	17.50
Mujeres	$\bar{x}$	4.33	93.73	6.50	57.98	231.44	72.70	85.68
(n=15)	D.E.	2.38	9.47	0.51	7.13	33.84	10.43	14.11
$\bar{x}$ (total)		6.67	95.23	6.48	56.46	234.13	68.53	85.92
Mínimo		1.00	76.00	5.10	41.57	171.00	45.14	62.29
Máximo		20.00	110.50	7.81	74.71	306.43	94.14	116.00
Variable		Escala	Escala	Escala	Escala	Escala	Escala	Escala

*Nota.* REM= Sueño de Movimientos Oculares Rápidos

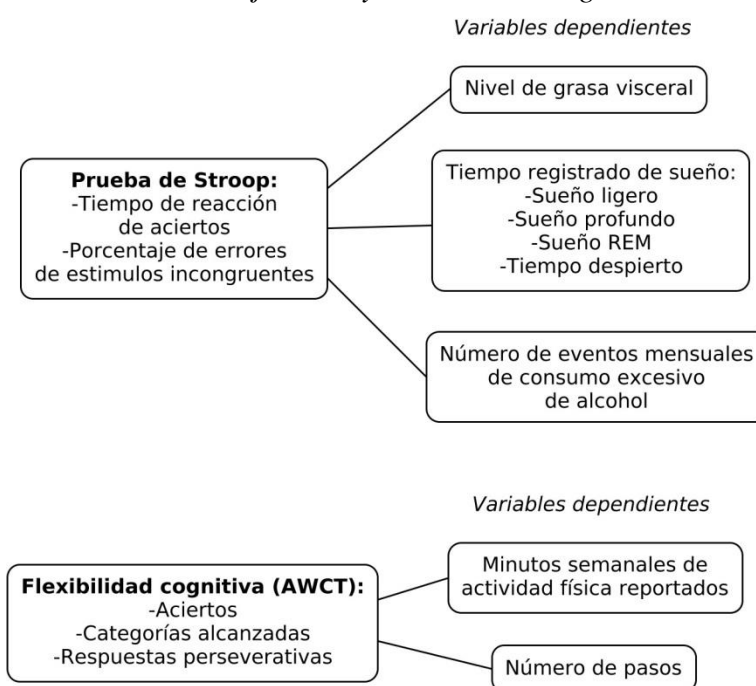
Únicamente dos participantes presentaron valores de presión arterial por arriba de rangos normales  $>119/79$  y presentaron un nivel de grasa abdominal por arriba de lo saludable.

### *Resultados de las correlaciones canónicas*

Se realizaron correlaciones canónicas de siguiente manera: Se agruparon los resultados del Stroop en una sola variable canónica llamada Prueba de Stroop (tiempos de reacción, porcentaje de errores) y se correlacionaron con una segunda variable canónica compuesta de variables relacionadas con salud (Nivel de grasa visceral, tiempo registrado de sueño ligero, tiempo de sueño profundo, etc.). Este procedimiento se repitió para las pruebas de CFL y Planeación de la manera en que se aprecia en las Figuras 8.8 y 8.9.

### **Figura 8.8.**

*Variables de las pruebas de Control Ejecutivo y Flexibilidad cognitiva.*

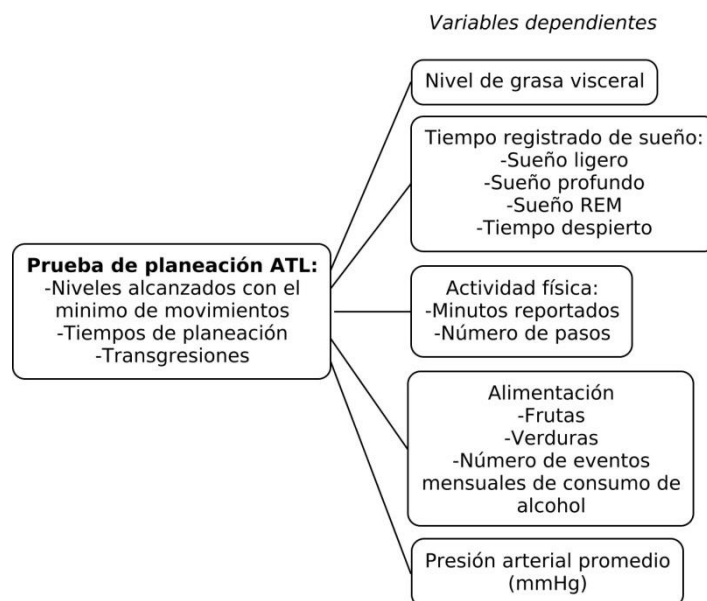


*Nota.* Agrupa las variables cognitivas predictoras (izquierda) y las variables dependientes (derecha). La primera agrupación compone una variable canónica y las variables de la derecha conectadas por una línea componen la otra variable. Stroop (arriba) y AWCT (abajo).

La Figura 8.9 muestra las variables dependientes asignadas a la prueba de ATL.

**Figura 8.9.**

*Variables de la prueba de planeación.*



*Nota.* Agrupa las variables cognitivas predictoras (izquierda) y las variables dependientes (derecha). La primera agrupación compone una variable canónica y las variables de la derecha conectadas por una línea componen la otra variable -. Prueba ATL.

Los resultados de las correlaciones canónicas no muestran una relación significativa entre las variables asociadas con la prueba de Stroop y el conjunto de variables relacionadas con salud o dependientes, la Tabla 8.9 muestra los dos mejores modelos de combinaciones diferentes y ninguno de ellos muestra correlaciones significativas. Esto se relaciona con las hipótesis 1.1.1, 1.2.1, 1.3.1 y 2.1.1 Según la primera hipótesis, el desempeño en la prueba de Stroop (determinado por un menor porcentaje de errores y un mayor tiempo de reacción), correspondería mayores porciones reportadas de frutas y verduras, de acuerdo con la segunda hipótesis mencionada, el desempeño en la prueba de Stroop se relacionaría con menor cantidad de eventos de consumo excesivo de alcohol al mes y la tercera hipótesis esperaba una menor cantidad de sueño ligero, tiempo despierto, y mayores sueño profundo y sueño REM en función

de una mejor desempeño. Finalmente, la hipótesis 2.1.1 sugería que un mayor porcentaje de errores y un menor tiempo de reacción en la prueba de Stroop, correspondería un nivel más elevado de grasa visceral.

### Tabla 8.9.

*Resultados de la correlación canónica en función de la prueba de Stroop.*

	<b>F(Rao)</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>p</b>
Modelo 1:	0.892	4	52	0.55
Modelo 2:	0.973	1	27	0.40

*Notas:* F(Rao): estadístico de la prueba Rao (permite comparar modelos y probar la hipótesis nula, gl1 (grados de libertad relativo a grupos) y gl2 (grados de libertad relativos a observaciones) p (valor de significancia estadística), \*valor significativo <.05

La Tabla 8.10 presenta los resultados de las correlaciones canónicas basadas en la prueba de planeación ATL, que corresponden a las hipótesis 1.1.2, 1.2.2, 1.3.2, 1.4, 2.1.2 y 2.2. Estas hipótesis propusieron que un mejor desempeño en la prueba ATL (mayores tiempos de planeación, mayores niveles alcanzados con el mínimo de movimientos posibles y una menor cantidad de transgresiones), se registraría una mayor cantidad de porciones reportadas de frutas y vegetales consumidos (hipótesis 1.1.2), una menor cantidad de eventos mensuales de consumo excesivo de alcohol (1.2.2), mayor cantidad de sueño profundo y sueño REM y una menor cantidad de sueño ligero y tiempo despierto (1.3.2), menor nivel de grasa visceral (2.1.2) y menores niveles de presión arterial promedio (2.2).

Los resultados del análisis presentado en la Tabla 8.10 arrojaron tres combinaciones de componentes canónicos, de los cuales solo la primera presentó significancia estadística ( $r = .83, p < .05$ ) (se desglosa la composición de las variables canónicas de este análisis en el Apéndice L).

**Tabla 8.10.**

*Resultados de la correlación canónica en función de la prueba de ATL.*

	<b>F(Rao)</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>p</b>
Modelo 1:	0.089	33	48	<b>0.03*</b>
Modelo 2:	0.288	20	34	0.16
Modelo 3:	0.622	9	18	0.34

*Notas:* F(Rao): estadístico de la prueba Rao (permite comparar modelos y probar la hipótesis nula, gl1 (grados de libertad relativo a grupos) y gl2 (grados de libertad relativos a observaciones) p (valor de significancia estadística), \*valor significativo <.05

En las Figuras 8.10 y 8.11 se puede observar la relación que presenta cada variable observada con su propia variable canónica. Al considerar los Niveles logrados con el mínimo de movimientos (LAMM) y tiempo de planeación como las variables principales en la efectividad (con relación directamente proporcional y fuerte respecto de la dimensión canónica) y las transgresiones como fallos en la ejecución (con inversamente proporcional débil respecto de su propia dimensión canónica), esta dimensión canónica nos proporcionó un constructo de efectividad que denominamos desempeño en planeación (PPLAN) (para tamaño del efecto en medidas de correlación ver Cohen, 1992).

**Figura 8.10.**

*Composición de la variable canónica predictora (PPLAN).*

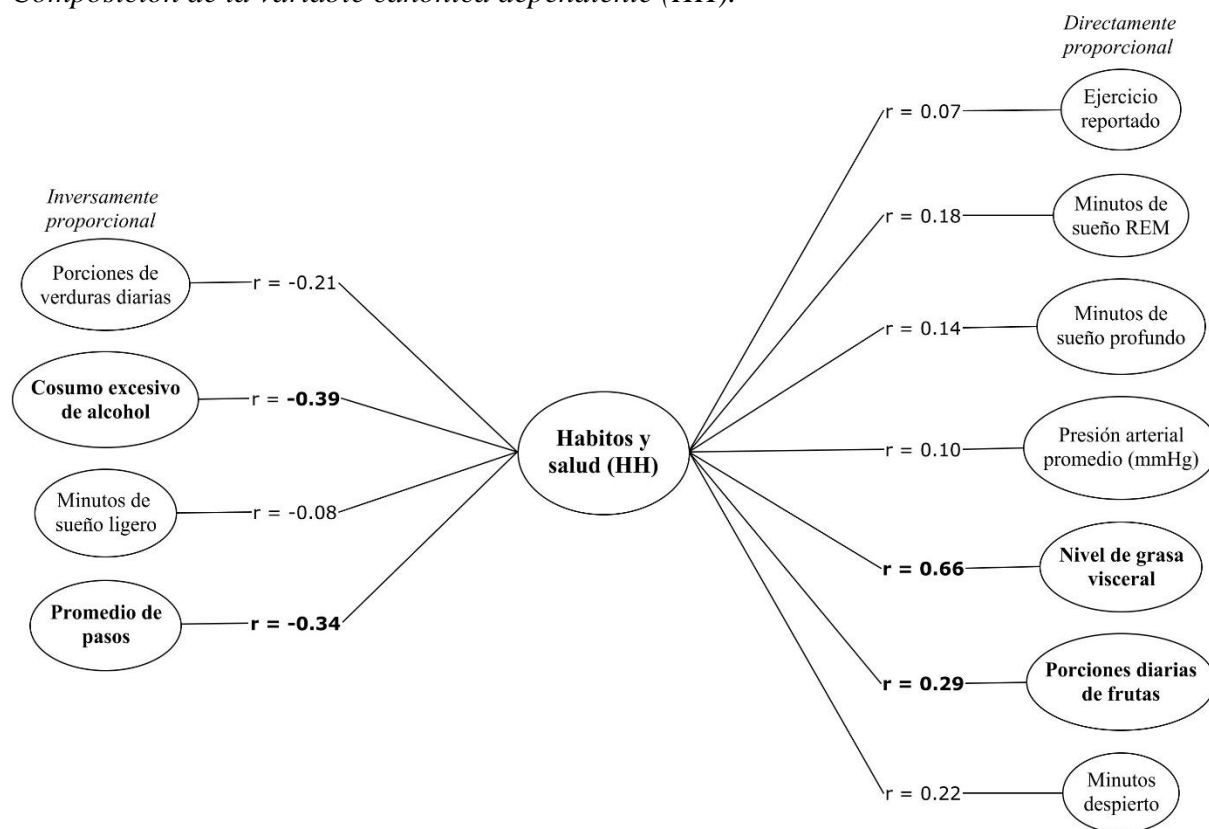


*Nota:* PPLAN = Variable canónica compuesta por los resultados de la prueba ATL y denominada desempeño en planeación.

En la Figura 8.11 se presenta la composición de la variable canónica de hábitos e indicadores de salud (HH). De manera general, lo que nos reportan estos datos es una relación directamente proporcional entre la variable canónica y las horas de ejercicio reportadas, minutos de sueño REM, minutos de sueño profundo, presión arterial, nivel de grasa visceral, porciones diarias de frutas y minutos despierto durante el periodo de sueño y una relación inversamente proporcional con porciones de verduras diarias, consumo excesivo de alcohol, minutos de sueño ligero y promedio de pasos diarios. Debe destacarse el enfoque exploratorio de esta fase, lo que facilitó la adopción de constructos más flexibles que en la fase posterior. Esta adaptabilidad se aplicó en particular a las variables canónicas dependientes, al integrarlas por prueba cognitiva.

**Figura 8.11.**

*Composición de la variable canónica dependiente (HH).*

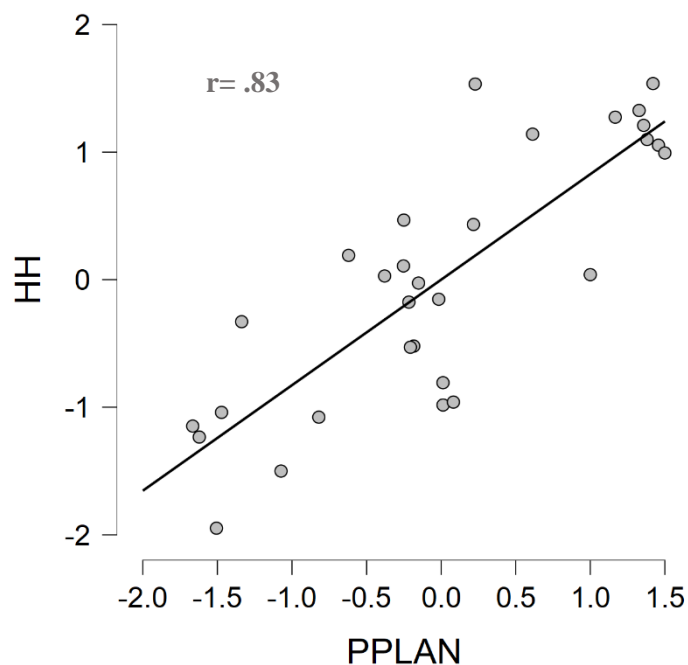


*Nota:* HH = Variable canónica compuesta por los resultados de una serie de hábitos relacionados con la salud y denominada HH. Se resaltan con negritas las relaciones con mayor fuerza.

En la Figura 8.12 se muestran los resultados de la correlación canónica global PPLAN y HH. A partir de las ecuaciones previamente descritas, se obtuvo una pendiente positiva con un tamaño del efecto grande y una relación directamente proporcional ( $r=.83, p<.05$ ) entre ambas variables canónicas.

**Figura 8.12.**

*Correlación global obtenida entre Desempeño de planeación (PPLAN) y hábitos de salud (HH).*



*Nota.* Desempeño en Planeación (PPLAN, por sus siglas en inglés) y Hábitos de Salud (HH, por sus siglas en inglés). La escala de ambos ejes está expresada en valores Z.

En la tabla 8.11 se presentan los resultados obtenidos entre la variable canónica PPLAN (intrínsecamente constituida por una relación directamente proporcional en cuanto a tiempo de planeación y niveles alcanzados con el mínimo de movimientos e inversamente proporcional con el número de transgresiones) y cada una de las variables observadas dependientes asociadas a los hábitos de salud. Se tomaron en cuenta relaciones con un tamaño del efecto mayor a  $r = .20$  (tamaño de efecto pequeño a moderado, ver Cohen, 1992). Con base en lo previamente mencionado, se identificó una relación directamente proporcional entre PPLAN y el nivel de grasa visceral, así como el consumo de frutas, por otra parte, se identificó una relación

inversamente proporcional entre la variable predictora y el número de pasos y el consumo excesivo de alcohol.

**Tabla 8.11.**

*Correlación específica entre variable canónica predictora PPLAN y sus variables dependientes.*

<b>Variab</b> les	<b>r</b>
PPLAN - Hábitos de Salud (HH)	<b>0.83</b>
PPLAN - Ejercicio reportado	0.06
PPLAN - Promedio de pasos	<b>-0.29</b>
PPLAN - Minutos despierto	0.18
PPLAN - Minutos de sueño ligero	-0.07
PPLAN - Minutos de sueño profundo	0.12
PPLAN - Minutos de sueño REM	0.15
PPLAN - Nivel de grasa visceral	<b>0.55</b>
PPLAN - Porciones diarias de frutas	<b>0.25</b>
PPLAN - Porciones diarias de verduras	-0.17
PPLAN - Consumo excesivo de alcohol	<b>-0.33</b>
PPLAN - Presión arterial promedio (mmHg)	0.09

*Nota:* PPLAN = Variable canónica compuesta por los resultados de la prueba ATL y denominada desempeño en planeación. La primera fila (en negritas) representa los valores de la correlación entre ambas variables canónicas. Se resaltan en negritas los resultados con mayor fuerza en la correlación.

Como se puede observar en la tabla 9.8, las correlaciones más fuertes entre la variable canónica PPLAN y hábitos de salud, fueron el promedio de pasos diarios, consumo excesivo de alcohol, nivel de grasa visceral y consumo de frutas. Se observó una relación directamente proporcional entre la variable PPLAN y las variables nivel de grasa visceral y promedio diario de frutas; mientras que se observó una relación inversamente proporcional de la variable PPLAN con las variables promedio de pasos y consumo excesivo de alcohol.

La Tabla 8.12 muestra los resultados obtenidos entre la prueba de CFL y las variables dependientes correspondientes, en relación con la hipótesis 1.5. Esta hipótesis sugería que a mayor número de aciertos y categorías alcanzadas y menor número de respuestas preservativas en la prueba AWCT, se presentarán un mayor número de pasos diarios y mayor cantidad de

minutos semanales reportados de actividad física. Sin embargo, los resultados no evidenciaron relaciones estadísticamente significativas entre estas variables.

**Tabla 8.12.**

*Resultados de la correlación canónica en función de la prueba de Flexibilidad Cognitiva.*

	<b>F(Rao)</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>p</b>
Modelo 1:	0.537	18	60	0.673
Modelo 2:	0.853	10	44	0.955
Modelo 3:	0.973	4	23	0.955

*Notas:* F(Rao): estadístico de la prueba Rao (permite comparar modelos y probar la hipótesis nula, gl1 (grados de libertad relativo a grupos) y gl2 (grados de libertad relativos a observaciones) p (valor de significancia estadística), \*valor significativo <.05

La hipótesis 1.6 planteaba que a mayor valor en el COV de la prueba BART Se presentará un mayor número de eventos mensuales reportados de consumo de alcohol excesivo, para ello se analizó el comportamiento de los datos obtenidos, utilizando el modelo lineal generalizado mixto, con el ajuste específico para la distribución de Poisson de la variable dependiente.

En la tabla 8.13 se presentan los resultados de la prueba BART a partir de un modelo lineal generalizado. Los resultados muestran una capacidad significativa de predicción de esta prueba respecto del consumo excesivo de alcohol, en donde resalta el COV de bajo riesgo (LR) como principal factor predictor.

**Tabla 8.13.***Resultados del análisis del modelo lineal generalizado (prueba BART).*

	<b>Estimado</b>	<b>E.EST.</b>	<b>Valor z</b>	<b>p</b>
(Intercepto)	28.07	19.31	1.484	.14
COV HR	-60.58	48.19	-1.257	.21
COV LR	-186.9	78.20	-2.390	<b>.02*</b>
Dinero total	-.0009	.0005	-1.601	.11
COV HR: COV LR	428.9	175.2	2.449	<b>.01**</b>
COV HR: Dinero total	.002	.001	1.497	.13
COV LR: Dinero total	.006	.002	2.472	<b>.01**</b>
COV HR: COV LR: Dinero total	-.015	.005	-2.579	<b>.01**</b>

Nota: \*valor significativo <.05, \*\* valor significativo <.01. Variable dependiente: eventos mensuales de consumo excesivo de alcohol.

## Discusión Fase 1

El objetivo de la Fase 1 fue orientar los objetivos globales del presente estudio, que implicaron analizar la relación y la predictibilidad que tienen las EF y el funcionamiento electrofisiológico de los lóbulos frontales respecto de hábitos y medidas de salud fisiológica en adultos, permitiendo hacer ajustes y una selección adecuada de las variables dependientes sensibles para realizar el estudio en la Fase 2.

Los resultados de la primera fase implicaron importantes retos debido al objetivo exploratorio de esta fase, lo que derivó en una multiplicidad de variables (con múltiples predictores y múltiples variables dependientes), y a las limitaciones de una muestra analizada de 30 participantes y la poca variabilidad en cuando a factores que pueden incidir en la identificación de variables (e.g. muestra tendiente a peso saludable y alta escolaridad).

Al analizar las características de la muestra, se destacaron varios puntos. Primero, hubo un equilibrio entre la escolaridad y la distribución de edades en función del género. Además, se notó que la mayoría de los participantes tenía una escolaridad elevada. Finalmente, con respecto a las variables que fueron evaluadas, la muestra mostró una tendencia hacia características saludables.

La hipótesis general del presente estudio indicaba que el desempeño en las tareas seleccionadas para evaluar las EF puede predecir hábitos relacionados con la salud e indicadores de salud. Se evaluó el desempeño en cuatro pruebas de EF: Stroop (control ejecutivo), AWCT (flexibilidad cognitiva), ATL (planeación) y BART (riesgo), en relación con distintos hábitos e indicadores de salud. Los resultados mostraron de manera general, que la prueba de Stroop no presentó una relación significativa con hábitos o indicadores de salud. Por otra parte, el

desempeño de la prueba ATL presentó una correlación fuerte con estas variables dependientes. La prueba de AWCT, que evaluó la CFL, no presentó una relación significativa con los hábitos o indicadores de salud correlacionados y finalmente la prueba BART presentó una capacidad de predicción moderada respecto del consumo excesivo de alcohol.

La falta de relaciones significativas entre las pruebas Stroop y AWCT respecto de sus variables dependientes, pudiera estar relacionada con el hecho de que algunos de los antecedentes (e.g. Gasquoine y Chen 2020; Sweat et al., 2017) han mostrado una relación débil entre salud y EF e incluso cierta inconsistencia en los resultados. Asimismo, la mayoría de los estudios que identifican relaciones significativas o más robustas entre estas variables han sido realizados analizando poblaciones en condiciones vulnerables (obesidad, ancianos, trastornos neurodegenerativos, etc.) (e.g. Qavam et al., 2017), lo que puede debilitar la identificación de relaciones entre variables en esta fase del estudio, debido a las características predominantemente saludables de nuestra muestra. Además, se debe considerar el hecho de que la correlación canónica es poco sensible al aplicarse con muestras pequeñas y tiende a esconder correlaciones débiles, lo cual aumenta la probabilidad de error tipo II (Badii et al., 2007).

Sin embargo, dada la abundancia en literatura que vincula particularmente el EC con comportamientos en el contexto de salud, los resultados obtenidos deben tomarse con cautela. Por ejemplo, se ha documentado que el EC tiene implicaciones en el abuso de alcohol, atribuido a la dificultad para inhibir respuestas automáticas (Camchong et al., 2014; Lyvers et al., 2015; Maurage et al., 2014). Asimismo, se ha reportado la relación entre el EC y la elección alimentaria: la capacidad de inhibir respuestas automáticas parece desempeñar un papel en la resistencia al consumo de alimentos altamente calóricos o ricos en azúcares (Allom y Mullan,

2014; Dohle et al., 2018; Jasinska et al., 2012; Limbers y Young, 2015). Esta habilidad está comprendida en constructo del EC, que engloba tanto la inhibición de respuestas como la actualización o adaptación a nuevos contextos o demandas, esta última crucial para la manifestación de comportamientos no automáticos (Schmeichel, 2007). Así, por ejemplo, se ha asociado una mayor capacidad de actualización y autorregulación con una dieta más rica en frutas y verduras (Allom y Mullan, 2014). Además, la investigación respalda firmemente la relación entre las variables asociados con el EC con múltiples dimensiones de la salud y el comportamiento. Aunado a lo anterior, existe una vasta literatura que relaciona el EC con la modificación de hábitos y la adaptación conductual (ver Miyake y Friedman, 2012; Robbins y Costa, 2017).

Por otra parte, diversos autores (e.g. Gray-Burrows et al., 2019; Yang et al., 2018). Muestran que, mientras que existen déficits en inhibición o EC en individuos obesos y en asociación inversa con el autocuidado de la salud, no se identifican alteraciones en la CFL de la misma naturaleza. De tal forma que, con base en los resultados obtenidos en la presente fase y su comparación con estudios previos, queda claro que la CFL, tiene respaldo limitado que justifica poco su aporte para nuestros objetivos, lo que difiere del EC.

El desempeño de la prueba ATL presentó una correlación fuerte con hábitos e indicadores de salud. Sin embargo, al descomponer la dimensión canónica dependiente se puede observar que algunos elementos como el número de pasos y el nivel de grasa visceral se relacionaron de una manera opuesta a la esperada, ya que un mejor desempeño de la prueba ATL se relacionó con un menor número de pasos y un mayor nivel de grasa visceral. Ahora bien, el consumo de

alcohol se relacionó de manera negativa con el desempeño en esta prueba y el consumo de fruta se relacionó a su vez de manera positiva con el desempeño en esta tarea.

Es esencial recordar que el objetivo de esta fase no fue poner a prueba las hipótesis y que las pruebas existentes para evaluar las EF (incluidas las utilizadas) no son específicas: miden múltiples funciones simultáneamente, variando solo el peso relativo de cada componente según la tarea en cuestión (ver Glisky et al., 2020).

Un factor común en la vinculación entre el desempeño en la prueba de ATL, el consumo excesivo de alcohol y mayor consumo de frutas sería el EC como variable mediadora, ya que este se puede identificar en el tiempo de planeación de esta prueba (Tyburski et al., 2021) constituyendo una variable de desempeño importante ya que puede repercutir en otras variables como el número de niveles alcanzados con el mínimo de movimientos (Georgiou et al., 2017). Así, el tiempo que ocurre entre que se presenta el problema y se ejerce la primera respuesta o tiempo de planeación podría ser una medida de EC, ya que implica por parte de la persona inhibir temporalmente la respuesta inmediata al problema, permitiendo mayor tiempo para desplegar una estrategia.

Por otra parte, los antecedentes han reportado una relación negativa entre la ejecución en pruebas de planeación y la obesidad (e.g. Yang et al., 2018), lo que contrastó con los hallazgos del presente estudio. No obstante, los estudios revisados se realizan con grupos de personas con características distintas a los participantes del presente estudio, ya que se centran en evaluar la relación entre esta función ejecutiva con indicadores de obesidad y únicamente un 10% de la muestra analizada en este estudio presentó niveles de BMI que cumplieran esta clasificación. Un problema similar se presentó entre la relación negativa identificada entre el desempeño en prueba

de ATL y la cantidad de actividad física registrada “promedio de pasos diarios”, ya que los antecedentes muestran una relación inversa entre impulsividad y actividad física (Wilke et al., 2019). Sin embargo, las características de nuestra muestra en cuanto a estado general de salud y nivel elevado de escolaridad como variable mediadora pudieron haber modulado los resultados de distinta forma, ya que algunos antecedentes reportaron que mayores niveles de escolaridad predicen sedentarismo y sobrepeso (Al-Mahroos y Al-Roomi, 2001; Droomers et al., 2001). En un estudio más reciente realizado por Raji et al. (2010), que tuvo por objetivo de evaluar los efectos del nivel de educación, actividad física y el BMI en el envejecimiento cerebral, los autores inicialmente observaron una relación positiva entre el BMI y el volumen estructural del cerebro. Pese a esto, al identificar que el BMI correlaciona de manera elevada con los registros de actividad física, realizaron un análisis alternativo en donde examinaron los efectos del BMI después de corregir los efectos de la edad, género y actividad física, aislando así el efecto del BMI, lo que reveló entonces una relación positiva entre el BMI e indicadores de atrofia cortical evaluados por medio de resonancia magnética. Adicionalmente, identificaron una relación positiva entre el nivel educativo y la materia gris cerebral en regiones temporales. Estos antecedentes evidencian el efecto de la interdependencia entre variables, sugiriendo que los resultados que fueron identificados en el presente estudio pueden haber sido influidos por el nivel de escolaridad de la muestra, en donde se reportó que el 40% cuenta con estudios de licenciatura y el 53.3% con estudios de posgrado. Este alto grado de educación podría ser un factor que favorece un mejor desempeño y a su vez estar ligado a menor actividad física (ver Al-Mahroos y Al-Roomi, 2001; Droomers et al., 2001).

A pesar de la fuerza alta de la correlación canónica general entre PPLAN (desempeño en planeación) y HH (Hábitos de Salud), la correlación entre la variable canónica PPLAN y las variables observadas o específicas, mostraron valores muy bajos en algunas relaciones, como aquellas derivadas de los registros de sueño. Esto pudo haber derivado de las imprecisiones en el método utilizado (pulsera FitBit<sup>MR</sup>) ya que una aproximación más precisa hubiese requerido medidas más apropiadas como los registros polisomnográficos (Roomkham et al., 2018). Sin embargo, Haghayegh et al. (2019), realizan una revisión sistemática y meta-analítica de la precisión en la medición del sueño de las pulseras FitBit<sup>MR</sup> y encuentran que si bien, la precisión en la identificación de fases del sueño (e.g. Sueño REM) es moderada, la precisión en la medición del tiempo total de sueño es mucho más elevada. Otra fuente posible de sesgo está derivada de las limitaciones particulares de una investigación transversal, la cual impide identificar el comportamiento histórico de la variable, afectando la sensibilidad a relaciones significativas con el resto de las variables.

Por otra parte, el promedio registrado de sueño se encontró por debajo (<7 horas diarias) de lo saludable en adultos (Grandner, 2016; Liu et al., 2016), de modo que deberá considerarse la posibilidad una afectación general en la calidad de sueño de nuestros participantes. Adicionalmente, se debe considerar la interferencia de los cambios en la rutina derivados de la contingencia sanitaria por COVID-19, lo que pone en duda que el comportamiento registrado corresponda al comportamiento histórico.

Se encontró una relación predictiva entre la ejecución riesgosa de la prueba BART (COV) y el consumo excesivo de alcohol, hallazgos que están en sintonía con investigaciones previas como la de Blair et al. (2018). A pesar de la diferencia en el rango de edad de la muestra

entre el presente estudio y el mencionado anteriormente, los resultados muestran consistencia.

Asimismo, se han reportado hallazgos similares en poblaciones de mayor edad. Por ejemplo, en el estudio de Fernie et al. (2010) se demostró que la ejecución en la BART predice significativamente el consumo excesivo de alcohol en adultos jóvenes. Estos datos indican que un valor alto de COV puede ser un reflejo de decisiones menos adaptativas en situaciones de riesgo, lo cual se manifiesta en patrones de consumo excesivo de alcohol

No obstante, es crucial considerar estudios con hallazgos divergentes. Por ejemplo, Pilatti et al. (2017) determinaron que, en una muestra de adolescentes ( $n=161$ ), la cantidad de alcohol consumido y la frecuencia de episodios de consumo excesivo se correlacionaban con la impulsividad medida a través de la escala UPPS, y no con pruebas conductuales como el desempeño en la BART. Estos matices resaltan la complejidad del tema y la necesidad de abordarlo desde múltiples perspectivas.

Ante el hecho de que los resultados no evidenciaron relaciones significativas con la presión arterial, se debe considerar que más del 90% de los participantes mostraron niveles normales de presión arterial. El porcentaje restante tuvo niveles elevados, pero aún por debajo de los criterios de hipertensión ( $<140$  mmHg sistólica,  $<90$  mmHg diastólica) (ver Campbell et al, 2022). Este patrón saludable de presión arterial puede explicarse al considerar que los participantes de este estudio no pertenecen a poblaciones con diagnósticos clínicos (ver Fuchs y Whelton, 2020). Por lo tanto, incluso en muestras más amplias, esta medida podría no mostrar la variabilidad suficiente para detectar una posible relación con los predictores.

Si bien los resultados del primer estudio distan de ser conclusivos, resultan útiles respecto de su objetivo, que consistió en la identificación de variables relevantes para la siguiente etapa de investigación y aportar elementos que orienten su metodología.

### *Consideraciones y cambios para la Fase 2*

A partir de los resultados de la Fase 1 y la discusión teórica correspondiente, se consideraron los siguientes cambios para la Fase 2:

Se modificaron los criterios de inclusión, eligiendo la muestra a conveniencia, segmentando y estratificando la muestra por edad, género, escolaridad y BMI, de modo que los participantes representaran un espectro más amplio y distribuido equitativamente respecto de las características mencionadas.

Se conserva la prueba ATL debido a que presentó una relación predictiva entre el desempeño de los participantes en esta tarea y sus hábitos e indicadores de salud. De igual manera se conserva la prueba BART debido a que el desempeño en esta tarea mostró una capacidad de predicción débil-moderada respecto del consumo excesivo de alcohol.

La siguiente fase redujo el número de variables, eliminando la prueba de CFL, dada la falta de relaciones estadísticamente significativas con las variables dependientes evaluadas y la inconsistencia o pobre relación con factores relacionados de salud que se observa en los antecedentes (e.g. Gray-Burrows et al. 2019). Sin embargo, dados los antecedentes y la relación teórica entre el EC evaluado con diversas pruebas, incluyendo la tarea de Stroop y los factores relacionados con la salud (e.g. Dohle et al., 2018; Yang et al., 2018), se decide mantener esta tarea en la siguiente fase, sin embargo, limitarla a la predicción de las variables de elección de

alimentos, nivel de grasa visceral y sueño. Esto derivado de la consistencia teórica (ver Dohle et al., 2018) entre variables asociadas con el EC y su relación con la elección de alimentos y la grasa visceral, esta probablemente asociada al resultado histórico del estilo de alimentación (ver Organización Mundial de la Salud, 2016). Se decidió mantener el sueño como una variable novedosa en el estudio, pero restringiendo su análisis a la cantidad total de sueño. Esto permitirá reducir la cantidad de variables involucradas y minimizar los riesgos de sesgo asociados con el uso de FitBit<sup>MR</sup>. A pesar de que la investigación en esta área es limitada, existen indicios de que el desempeño en la prueba de Stroop puede predecir patrones de sueño y que ambos aspectos están relacionados con la calidad de vida en adultos mayores, según lo reportado por Damirchi et al. (2019). Es importante destacar que la relación observada entre la prueba de Stroop y el sueño no parece derivarse de un deterioro crónico en la calidad del sueño, como se indica en el estudio de Ballesio et al. (2019). Esto sugiere que el control ejecutivo (EC) podría actuar como un factor precursor que influye en la calidad del sueño siguiendo una secuencia temporal.

Se decidió también, realizar una evaluación más compleja de los hábitos alimenticios, de modo que se incluyera el consumo de vegetales, azúcares refinados y grasas saturadas (ver Pérez-Lizaur et al., 2014). Se decidió eliminar la variable de presión arterial, ya que como se mencionó con anterioridad, es poco probable que en la población a analizar presente variabilidad suficiente para mostrar relaciones estadísticamente significativas.

Considerando que, en la medición de la actividad física, únicamente la variable de Promedio de pasos diarios se relacionó significativamente con la capacidad de planeación (como se evidencia en los resultados de la prueba ATL), se decidió eliminar el reporte subjetivo de actividad física semanal para la siguiente fase.

En resumen, esta fase del estudio se centró en vincular las funciones ejecutivas (FE) con la salud, lo que orientó los ajustes metodológicos de la Fase 2. Se evaluaron el control ejecutivo (Prueba de Stroop), la planeación (prueba ATL), la flexibilidad cognitiva (Prueba de AWCT), la respuesta al riesgo (BART), hábitos de salud y parámetros físicos en 35 participantes. Se utilizó GLMM para examinar la relación entre riesgo y consumo de alcohol y la correlación canónica para el resto de los análisis.

Los hallazgos revelaron una muestra equilibrada en género y mayoritariamente saludable, con alta escolaridad. La prueba ATL mostró una relación directa con el nivel de grasa visceral y el consumo de frutas, e inversamente con la actividad física y el consumo excesivo de alcohol. No hubo resultados significativos para las pruebas Stroop y AWCT, mientras que BART predijo débilmente el consumo excesivo de alcohol.

La Fase 2 incorporará cambios metodológicos basados en estos resultados, ajustando los criterios de inclusión y la estratificación de la muestra. Se mantendrán las pruebas ATL y BART por sus correlaciones relevantes y se eliminará la AWCT por falta de resultados significativos. La prueba de Stroop se conservará por su importancia teórica. Algunos cambios incluyen, la ampliación en el análisis en hábitos alimenticios, reducción de la medición del sueño al tiempo total de este, la actividad física al conteo de pasos y la medición antropométrica al nivel de grasa visceral, se descarta la medición de parámetros cardiovasculares.

## Capítulo 9: Fase 2

En función de los resultados obtenidos en la Fase 1 se ajustaron los objetivos específicos y las hipótesis para la Fase 2, que llevó a la eliminación de variables que no mostraron en la fase precedente resultados significativos, como las derivadas de la prueba de AWCT o la evaluación segmentada de sueño, frecuencia cardíaca y presión arterial. Por otra parte, como se mencionó anteriormente se amplió la evaluación en la elección de alimentos, se realizaron ajustes y los objetivos e hipótesis planteados para la Fase 2 quedaron planteados de la siguiente manera:

### *Objetivos Específicos de la Fase 2*

1. Analizar la relación predictiva entre el desempeño de las EF (control ejecutivo, la planeación y la toma de riesgos) y conductas relacionadas con la salud, como el consumo de alcohol, la elección de alimentos, la actividad física y la cantidad de sueño.
2. Analizar la relación predictiva entre el desempeño de las EF (control ejecutivo, la planeación y la toma de riesgos) y el nivel de grasa visceral.
3. Analizar la relación predictiva entre la actividad electrofisiológica de los lóbulos frontales, (proporción Theta/Beta, coherencia y los componentes N2 y N4 de los ERP), y el desempeño en las EF.
4. Analizar la relación predictiva entre distintas variables cuantitativas de la actividad eléctrica cerebral (componentes N2 y N4 de los ERP) y la elección de alimentos saludables.
5. Analizar la relación predictiva entre las variables cuantitativas de la actividad eléctrica cerebral (proporción Theta/Beta, coherencia y los componentes N2 y N4 de los ERP) y el nivel de grasa visceral.

**Hipótesis (Fase 2)**

De los objetivos uno y dos de esta fase se desprenden las hipótesis que incluyen el desempeño de las EF como predictores (ver Tabla 9.1).

**Tabla 9.1.***Hipótesis relacionadas con los objetivos 1 y 2.*

Objetivo/ Hipótesis	Variable X	Hipótesis de relación	Variable Y
1.1	Efectividad en el desempeño en la prueba de Stroop	(+)	Elección saludable de alimentos
1.2	ATL	(+)	
1.3	Efectividad en el desempeño en la prueba de Stroop	(+)	Cantidad de sueño promedio por día
1.4	Efectividad en el desempeño en la prueba de Stroop	(+)	Cantidad de pasos diarios
1.5	Efectividad en el desempeño en la prueba de ATL	(+)	Cantidad de sueño promedio por día
1.6	Efectividad en el desempeño en la prueba BART	(+)	Eventos mensuales reportados de consumo de alcohol excesivo
2.1	Efectividad en el desempeño de la prueba de Stroop (2.1)	2.1(-)	Grasa visceral
	ATL (2.2)	2.2 (-)	

*Notas:* La efectividad en el desempeño en las pruebas se midió de la siguiente manera: prueba de Stroop con base en el porcentaje de errores y tiempo de reacción ante el estímulo incongruente, prueba de ATL con base en el tiempo de planeación, el nivel alcanzado con el mínimo de movimientos y la cantidad errores de transgresión, prueba BART con base en el coeficiente de variabilidad y la cantidad de dinero total generado en la prueba. La tendencia hacia una elección de alimentos saludables se basó en el registro de una cantidad menor de porciones de grasas saturadas y azúcares procesados, así como una mayor cantidad de porciones de vegetales en función de la muestra.

Por otra parte, los objetivos tres al cinco contemplan las variables electrofisiológicas como predictoras (ver Tabla 9.2).

**Tabla 9.2.***Hipótesis organizadas por objetivo (objetivos 3 – 5).*

Objetivo	Variable X	Hipótesis de relación	Variable Y
3.1	Proporción Theta/Beta en derivaciones frontales	(-)	Efectividad en el desempeño en las pruebas de Stroop, ATL y BART
3.2	Coherencia interhemisférica entre derivaciones anteriores	(-)	Efectividad en el desempeño en las pruebas de Stroop, ATL y BART
3.3	Amplitud / Latencia (componentes N2 y N4 de los ERP)	(+) / (-)	Efectividad en el desempeño en la prueba de Stroop
4.1	Amplitud / Latencia (componentes N2 y N4 de los ERP)	(+) / (-)	Elección saludable de alimentos
5.1	Proporción Theta/Beta en derivaciones frontales	(+)	Grasa visceral
5.2	Coherencia interhemisférica entre derivaciones anteriores	(-)	
5.3	Amplitud / Latencia (componentes N2 y N4 de los ERP)	(+) / (-)	

*Notas:* La efectividad en el desempeño en las pruebas se midió de la siguiente manera: prueba de Stroop con base en el porcentaje de errores y tiempo de reacción ante el estímulo incongruente, prueba de ATL con base en el tiempo de planeación, el nivel alcanzado con el mínimo de movimientos y la cantidad errores de transgresión, prueba BART con base en el coeficiente de variabilidad y la cantidad de dinero total generado en la prueba. La tendencia hacia una elección de alimentos saludables se basó en el registro de una cantidad menor de porciones de grasas saturadas y azúcares procesados, así como una mayor cantidad de porciones de vegetales en comparación con la muestra.

***Participantes***

Se realizó una convocatoria para participar mediante redes sociales y un volanteo con el personal de la universidad, ambas modalidades incluyeron una descripción breve del estudio y de las características requeridas para ello. 242 personas respondieron a las publicaciones y posterior descartando 181 por no cumplir criterios de inclusión y dejando 61 participantes para la Fase 2 de los cuales se retiraron 4 durante el procedimiento.

**Criterios de inclusión.** Se usaron los mismos criterios de la Fase 1 con diferencia en que esta fase redujo el rango de edad de los participantes, enfocándose en aquellos entre 30 y 45 años, en lugar de hasta 50 años como en la Fase 1. Además, en lugar de requerir que los participantes hubieran terminado la preparatoria, se aceptó a aquellos con estudios hasta

preparatoria trunca. Adicionalmente, se buscó específicamente a personas diestras y se estratificó a los participantes según su nivel de escolaridad (baja < a licenciatura), media= licenciatura y escolaridad alta= posgrado) y peso (normopeso BMI < a 25) y alto peso ( $\geq 25$ ).

**Criterios de exclusión.** Se conservan los mismos criterios de la Fase 1.

Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se inició la evaluación de 61 participantes. Sin embargo, cuatro mujeres fueron excluidas por razones de salud.

### *Instrumentos*

Se emplearon los mismos instrumentos que se emplearon en la Fase 1, con excepción del baumanómetro que ya no fue empleado en la Fase 2. Adicionalmente su utilizó: Polígrafo digital Nexus 32 y gorros (chico, mediano y grande) para registro de actividad eléctrica cerebral del mismo fabricante, para 19 canales básicos del sistema internacional 10/20, más referencias en mastoides.

1. Software para análisis de actividad eléctrica cerebral Neuroguide 2.8.9
2. Adaptador para registro de ERP Nexus Trigger Interface.
3. Software para captura de actividad eléctrica cerebral y otras respuestas fisiológicas Biotrace+.

**Pruebas cognitivas.** Se aplicaron las mismas pruebas que en la Fase 1 con excepción de la prueba de cartas de Wisconsin (AWCT). En la Tabla 9.3, se puede observar las variables seleccionadas (para la Fase 2) en función de las pruebas aplicadas y la función ejecutiva a analizar.

**Tabla 9.3.**

*Variables correspondientes a la categoría de Funciones ejecutivas (Fase 2).*

<b>Función ejecutiva</b>	<b>Prueba</b>	<b>Variable</b>
Control ejecutivo	Prueba de Stroop	Porcentaje de errores con estímulos incongruentes (% Err. In.) Tiempo de Reacción (TDR)
Riesgo	Tarea de riesgo del globo análogo (BART)	Coefficiente de variabilidad en globos de alto riesgo (COV AR) Coefficiente de variabilidad en globos de bajo riesgo (COV BR) Dinero Total
Planeación	Torre adaptada de Londres (ATL)	Niveles alcanzados en el mínimo de movimientos (LAMM) Tiempo de planeación en milisegundos (PLT) Número total de transgresiones a las reglas (Trans. Totales)

*Notas:* La columna de la izquierda muestra la función ejecutiva, la columna central la prueba cognitiva y la columna de la derecha las variables correspondientes.

### ***Indicadores de salud***

Los indicadores de salud estuvieron compuestos por medidas antropométricas, registro de actividad física y sueño y registro de hábitos (ver Tabla 9.4).

**Medidas antropométricas.** Se tomaron las mismas medidas antropométricas que en la Fase 1, sin embargo, únicamente se utilizaron BMI y Nivel de Grasa Visceral.

**Actividad física y sueño.** Se utilizó el mismo instrumento que en la Fase 1 dejando el análisis a la cantidad total de sueño y suma diaria de pasos diarios (ambas variables: promedio de 7 días, incluyendo 2 días de fin de semana).

**Hábitos.** Se aplicó el mismo cuestionario que en la Fase 1, adicionalmente se realizaron dos entrevistas de ingesta de alimentos (una relacionada con el consumo entre semana y otra respecto del fin de semana), utilizando la metodología basada en el recuerdo de las 24 horas del

día previo (Shim et al., 2014) y clasificando los alimentos reportados en porciones de grasas saturadas, azúcares refinados y vegetales (frutas y verduras en conjunto) de acuerdo con el “Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes” (Pérez Lizaur et al., 2014).

**Tabla 9.4.**

*Variables correspondientes a la categoría de Indicadores de Salud (Fase 2).*

<b>Categoría</b>	<b>Variable</b>
Alimentos	Porciones de vegetales
	Porciones de grasas
	Porciones de azúcares
Hábitos	Eventos Mensuales de Consumo de Exceso de Alcohol (MEEAD)
	Cantidad de sueño total
	Promedio de pasos diarios
Antropometría	Nivel de grasa visceral (VFL)
	Índice de masa corporal (BMI)

*Notas:* La columna de la izquierda muestra la subcategoría (Alimentos, hábitos y medidas antropométricas), la columna de la derecha las variables correspondientes utilizadas en esta fase.

### ***Registro de actividad eléctrica cerebral***

Utilizando el sistema internacional 10/20 se registraron las 19 posiciones básicas. La velocidad de muestreo fue de 256 Hz por canal, y se emplearon varios filtros, incluyendo un filtro Notch a 60 Hz, filtro pasa altas 1 Hz y filtro pasa bajas a 48 Hz. Se registró la actividad eléctrica cerebral en las condiciones de reposo relativo con ojos abiertos (OA) y ojos cerrados (OC), durante 7 minutos cada una y durante la realización de la prueba de Stroop (aproximadamente 15 minutos). Se analizaron potencias y coherencias (únicamente del registro con OC) utilizando el software Neuroguide versión 2.8.9, centrándonos en las bandas de theta (4-8 Hz) y beta (13-21 Hz), las derivaciones incluidas (Fp1, Fp2, F3, F4 y Fz) se eligieron en función de su correspondencia

anat3mica con la corteza dorsolateral, la corteza ventromedial y la corteza orbitofrontal (ver Demos, 2019; Thompson y Thompson ,2015), debido a la fuerte relaci3n te3rica entre estas zonas y las EF evaluadas (ver 3lvarez y Emory, 2006).

Para el registro de los ERP se tomaron 400 segmentos de 900 milisegundos (ms) contingentes a la presentaci3n de 400 est3mulos de la prueba de Stroop y se analizaron en las 19 derivaciones mencionadas (con referencia a aur3culas ligadas). Las derivaciones que se utilizaron para poner a prueba las hip3tesis, debido a su uso frecuente en la exploraci3n de ERP relacionados con la prueba de Stroop fueron Fz y Cz (ver Heidlmayr et al., 2020), a pesar de que la referencia Cz es una derivaci3n central, se ubica aproximadamente sobre la corteza sensorio-motora y al considerar la baja resoluci3n espacial del EEG, contin3a siendo una ventana a la exploraci3n de los l3bulos frontales, aunque de forma menos espec3fica que las derivaciones frontales (ver Demos, 2019) y es ampliamente utilizada en la exploraci3n de los componentes N2 y N4 (e. g. Kutas y Federmeier, 2011; Zhang et al., 2019). Se analizaron por separado los potenciales obtenidos con est3mulos congruentes e incongruentes. Para el an3lisis de los ERP se desarroll3 una aplicaci3n hecha *Ad-Hoc* utilizando la paqueter3a del software MatLab®, que promedi3 900 ms para cada est3mulo iniciando 100 ms previos a la presentaci3n del est3mulo. Para el c3lculo de amplitud se utilizaron los 100 ms previos a la presentaci3n del est3mulo, sirviendo estos como l3nea base para la generaci3n del valor cero de potencia. El c3lculo se realiz3 utilizando la estimaci3n de amplitudes pico a pico (pk-pk), a partir de la estimaci3n del punto m3s elevado del componente previo de polaridad contraria y el punto m3s elevado del componente a analizar, este 3ltimo tambi3n se utiliz3 para determinar la latencia. Las ventajas de este an3lisis es que permiten ajustar la medici3n del efecto en el registro, derivado de los

componentes previos (ver Luck y Cappenman, 2012). Como paso segundo, se eliminaron segmentos que presentasen amplitudes mayores a los 100 milivolts o que presentasen un desfase ( $> + - 3/256$  muestras/segundo) entre las marcas correspondientes a la presentación del estímulo generadas en el registro de la tarea y el registro apareado del EEG (para la estimación temporal de los ERP se utilizó únicamente la marca en el EEG). En tercer lugar, se realizó una inspección final de los componentes de las zonas seleccionadas, eliminando aquellos que después de las inspecciones previas presentasen movimientos oculares o artefactos electromiográficos.

Las ventanas de tiempo para la selección de los componentes N2 y N4 se hicieron con base en la metodología reportada por Gajeyewski et al. (2015) en la que se estima una ventana aproximadamente equidistante al ápex del gran promedio del componente objetivo.

Adicionalmente se tomaron como referencia las ventanas más comúnmente utilizadas en el análisis de ERP para objetivos compatibles (ver Heidlmayr et al., 2020). Como resultado de lo anterior, para el análisis del componente N2 se estableció una ventana de 200-320 ms y para el componente N4 de 400-550 ms.

Para el caso de las participantes de género femenino el registro electrofisiológico se realizó durante los primeros 10 días posteriores al inicio de la etapa de sangrado menstrual (fase luteal), con el objetivo de disminuir sesgos por variaciones hormonales cíclicas.

La Tabla 9.5 presenta de forma sintetizada las variables utilizadas en el QEEG, consideradas en esta fase (ver objetivos 3, 4 y 5).

**Tabla 9.5.**

*VARIABLES CORRESPONDIENTES A LA CATEGORÍA DE ACTIVIDAD ELÉCTRICA CEREBRAL.*

<b>Categoría</b>	<b>Variable</b>
Proporción Theta/Beta Frontal	Fp1 Th/B
	Fp2 Th/B
	Fz Th/B
	F3 Th/B
	F4 Th/B
Coherencia Frontal Interhemisférica en Beta	Fp1-Fp2
	F3-F4
Componentes ERP	Fz y Cz N2Am
	Fz, y Cz N2Lt
	Fz, y Cz N4Am
	Fz, y Cz N4Lt

*Notas:* Las derivaciones mencionadas corresponden al sistema internacional 10/20. Th/B= proporción theta/beta. Las derivaciones están apareadas de acuerdo con la estimación de coherencia entre zonas (e.g. F3-F4 corresponde a coherencia entre las derivaciones F3 y F4). Am= amplitud, Lt = Latencia.

**Escenario.** Se utilizó el mismo escenario que en los estudios previos.

**Diseño.** Predictivo - Transversal (ver Ato et al., 2013).

### ***Procedimiento***

El procedimiento se llevó a cabo en 3 etapas. Las Etapas 1 y 3 fueron contrabalanceadas secuencialmente entre los participantes, mientras que la Etapa 2 ocurrió de forma paralela independientemente al orden de contrabalanceo.

**Etapas 1.** La cita para realizar esta fase fue en un horario entre las 9 am y las 12 pm, en la que se le explicó al participante el objetivo de las pruebas y se le entregó la carta consentimiento. Después, la toma de medidas biológicas y antropométricas se realizó al inicio de la etapa, permitiendo al participante ir al baño previamente, registrando medidas de peso, BMI, porcentaje de grasa corporal, circunferencia abdominal y porcentaje de masa muscular. Concluida la toma

de medidas antropométricas, se procedió a la aplicación de pruebas cognitivas (planeación, riesgo y beneficio) en orden contrabalanceado (ver Apéndices G y K).

**Etapa 2.** Medidas de actividad física y sueño: En la misma cita se colocó la pulsera FitBit® en la muñeca de la mano no dominante de cada participante. Se le solicitó no retirar la pintura colocada en la pantalla de la pulsera que bloqueaba la retroalimentación continua, se instruyó respecto de la recarga eléctrica de la pulsera y semanalmente se realizó una visita al participante para descargar los datos de la pulsera en un teléfono inteligente y verificar la calidad de los estos datos hasta completar el registro necesario. Cada quinto día se realizó una llamada telefónica al participante a las 7 pm con el fin de solicitar que conecte su pulsera en el cargador y dos horas después se realiza otra llamada con el fin de colocar nuevamente la pulsera.

**Etapa 3.** La cita para realizar esta etapa fue en un horario entre las 9 am y las 12 pm. Se colocó el gorro para registro electroencefalográfico de acuerdo con las medidas del cráneo de participante. Una vez colocado el gorro, se procedió a la aplicación de gel conductivo de acuerdo con instrucciones del fabricante hasta lograr los valores apropiados de conectividad de acuerdo con el fabricante.

Posteriormente, se realizó registro del EEG en reposo relativo por 7 minutos con ojos abiertos y otro registro, con las mismas características, con ojos cerrados. Ambos registros se toman solicitando al paciente mantenerse relajado y sin mover los ojos. Una vez concluido el registro de la actividad eléctrica con los ojos abiertos y cerrados, se procedió a realiza la toma de EEG para análisis de ERP durante la aplicación de la prueba de Stroop. Entre una y cuatro semanas después se entregaron resultados de medidas antropométricas, mapeo cerebral y los registrados por la pulsera FitBit y se agradeció su participación a cada participante.

### *Análisis de resultados*

Se realizaron análisis descriptivos generales incluyendo frecuencias de las características de los participantes, promedios y medidas de dispersión para las variables implicadas en las hipótesis. Para analizar las hipótesis que implicaron múltiples variables dependientes se realizaron análisis de correlación canónica (ver Badii et al., 2007), agrupando las variables predictoras (cognitivas y electrofisiológicas) y las variables dependientes (actividad física, alimentación, medidas antropométricas y medidas cognitivas). Siendo denominadas variables canónicas (VC) ambos tipos de variables (predictoras y dependientes).

Para los análisis con una única variable dependiente de distribución normal, se utilizaron regresiones lineales múltiples. Cuando la variable tuvo una distribución de Poisson, se emplearon análisis de Modelos Lineales Mixtos Generalizados (GLMM). Los valores de la prueba Shapiro-Wilk para estas distribuciones se pueden consultar en el apartado de resultados descriptivos. Considerando la cantidad de variables analizadas, para los análisis predictivos se excluyeron como válidos los resultados significativos con un tamaño del efecto pequeño ( $r < 0.10$ ,  $R^2 < .04$ , beta estandarizada  $\beta < 0.20$ ), esto debido al potencial riesgo de error tipo I derivado de la multiplicidad de variables. Adicionalmente, los cortes para estimar el tamaño del efecto/fuerza de la asociación fueron los siguientes:  $r = 0.10$ : pequeño,  $r = .30$ : mediano,  $r = .50$ : grande (ver Cohen, 1992);  $R^2 = .04$ : mínima necesaria,  $R^2 = .25$ : moderada,  $R^2 = .64$ : fuerte (ver Domínguez-Lara, 2018);  $\beta = .20$ : mínima necesaria,  $\beta = .50$ : moderada,  $\beta = .80$ : fuerte (ver Domínguez-Lara, 2018).

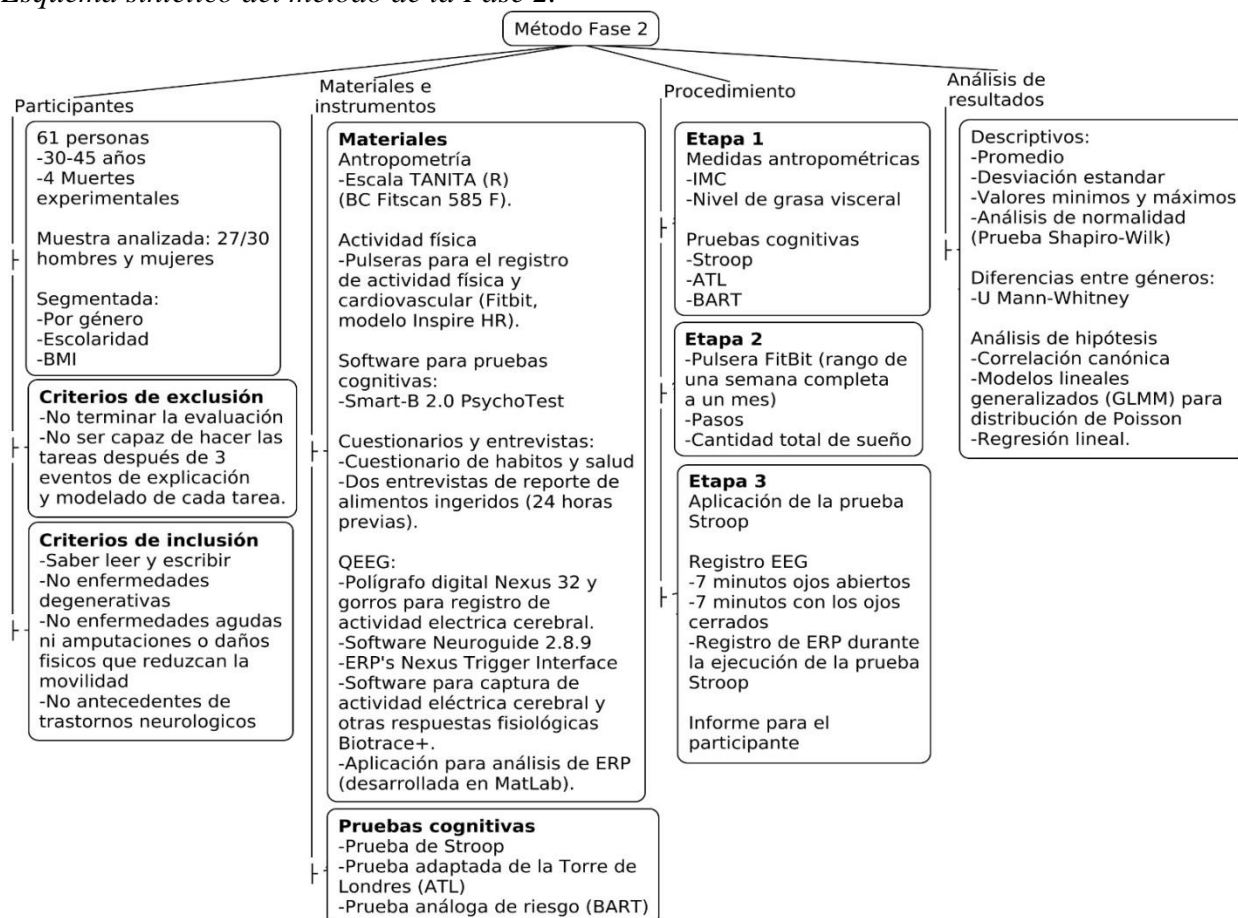
En el apartado correspondiente, el orden de presentación de los resultados es acorde con la numeración de los objetivos e hipótesis expuestos en las tablas 9.1 y 9.2. Cuando un grupo de

datos (variable canónica) se aplicó en más de un análisis canónico se le asignó un número consecutivo (e.g. VC Stroop-1, VC Stroop-2), esto debido a que la relación de cada variable respecto de su variable canónica fluctúa en función de su covarianza con el grupo de datos a contrastar, de modo que una variable compuesta por un grupo de datos particular o variable canónica va a modificarse en función de las otras variables contra las que se realice el análisis.

La Figura 9.1 presenta de forma sintetizada el método y componentes del experimento de la Fase 2.

### Figura 9.1.

#### Esquema sintético del método de la Fase 2.



*Nota:* las Etapas 1 y 3 fueron realizadas de forma contrabalanceada, la Etapa 2 se realizó de forma paralela a las otras.

## Resultados de la Fase 2

El objetivo general de la presente investigación fue analizar la predictibilidad que tienen las EF y el funcionamiento electrofisiológico de los lóbulos frontales respecto de hábitos y medidas de salud en adultos.

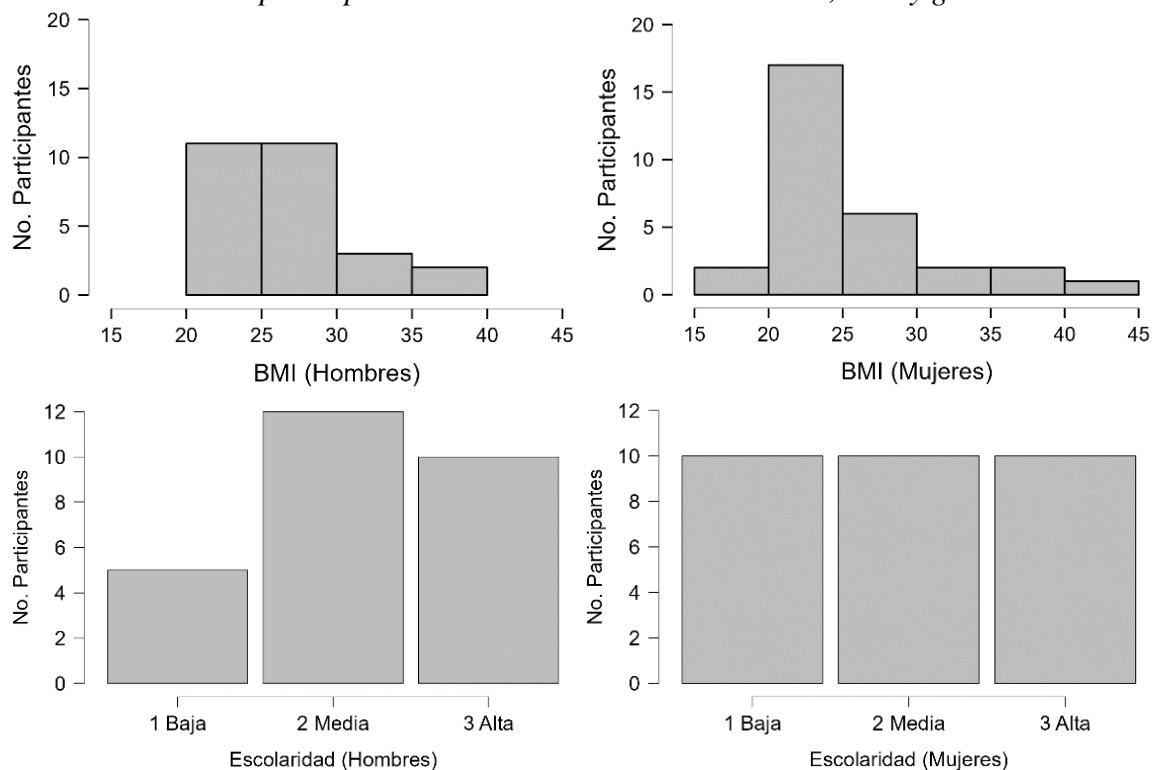
### Resultados Descriptivos

De los 57 participantes en el análisis de datos ( $n=61$  menos 4 participantes excluidos), 30 fueron mujeres. El segmento de hombres presentó una edad promedio de 35.41 años ( $SD= 4.22$ ;  $W=0.91$ ,  $p<.05$ ) y el de mujeres de 37.4 ( $SD= 4.40$ ;  $W=0.94$ ,  $p=.12$ ) años. Al analizar la segmentación de la muestra en función del rango escolar y el BMI, las mujeres presentaron una distribución uniforme en cuanto al rango escolar, mientras que los hombres presentan menor número de elementos en el rango escolar bajo y mayor en el rango escolar medio (ver Figura 9.2).

El BMI presentó un valor promedio de 26.68 ( $SD= 4.75$ ;  $W= 0.87$ ,  $p<.05$ ) para los hombres y para las mujeres un valor promedio de 25.35 ( $SD= 5.36$ ;  $W=0.83$ ,  $p<.01$ ), ver Figura 12.1. En relación con el rango escolar, el valor promedio de BMI para el segmento 1 (baja escolaridad) fue de 23.73 ( $SD= 4.03$ ;  $W=0.87$ ,  $p<.05$ ), para el segmento dos (escolaridad media) el valor promedio fue de 26.52 ( $SD= 4.54$ ;  $W=0.93$ ,  $p=.14$ ) y para el segmento 3 (escolaridad alta), el valor promedio fue de 27.058 ( $SD= 5.98$ ;  $W=0.80$ ,  $p<.05$ ).

**Figura 9.2.**

*Distribución de los participantes de acuerdo con su escolaridad, BMI y género.*



Notas: Baja escolaridad (< a licenciatura), escolaridad media (licenciatura) y escolaridad alta (posgrado) Panel derecho mujeres, panel izquierdo hombres.

En la Tabla 9.6 se presentan los resultados en las pruebas cognitivas (BART, Stroop y ATL). Se observó que el desempeño en ambas pruebas es similar en función del género, excepto por la variable COVAR, en donde los hombres presentaron un mayor valor. Aunado a lo anterior, la mayoría de las variables presentaron una distribución desviada de la normalidad, a excepción de RT en la prueba de Stroop y la cantidad de Dinero Total de la prueba ATL.

**Tabla 9.6.***Desempeño en las pruebas cognitivas (de Stroop, BART y ATL).*

		Stroop		BART		ATL			
		% Err. (I)	RT (ms)	COV AR	COV BR	Dinero Total	LAMM	PLT (ms)	Trans.
Hombres	$\bar{x}$	8.72	669.7	.41	.38	29555.6	4.37	7259.6	6.97
(n=27)	D.E	7.4	97.65	.165	.14	6279.4	1.44	4944.2	8.49
Mujeres	$\bar{x}$	4.81	681.18	.30	.33	31760.0	4.17	8060.0	8.9
(n=30)	D.E	0.90	68.89	.13	.18	6188.18	1.37	4236.4	9.12
U		442.5	392.5	569.0	513.0	315.5	465.5	337.5	289.0
p / r bp		.55/.09	.85/-.03	<b>.01/.40</b>	.09/.27	.15/-.22	.32/.15	.28/-.17	.06/-.29
$\bar{x}$ (total)		7.78	675.7	.35	.35	30715.8	4.26	7680.9	7.98
Shapiro-Wilk		0.86	0.98	.94	.95	0.99	0.95	0.75	0.75
Shapiro - P		< <b>.001</b>	0.31	<b>.01</b>	<b>.01</b>	0.58	<b>0.02</b>	< <b>.001</b>	< <b>.001</b>
Mínimo		0.00	423.9	.12	.06	15000.0	1.0	2906.0	0.0
Máximo		29.0	870.6	.820	.83	44400.0	8.0	23742.2	47.0
Escala		Razón	Razón	Razón	Razón	Razón	Razón	Razón	Razón

*Notas:* U = U de Mann Whitney para la comparación entre géneros, la significancia estadística se reporta con el valor p que se encuentra adjunto al tamaño del efecto que está dado por la correlación punto biserial (p/ r bp).  $\bar{x}$  (total), Mínimo y Máximo corresponden a la muestra total, Variable= tipo de escala correspondiente a la variable, % Err. = porcentaje de errores en la prueba de Stroop, RT= tiempo de reacción en la prueba de Stroop, BART = Balloon Analogue Risk Test, ATL = Torre de Londres Adaptada, % Err. (I)= Porcentaje de errores (estímulo incongruente), RT= Tiempo de reacción, COV= coeficiente de variabilidad, AR= Alto riesgo, BR= Bajo riesgo, LAMM= niveles alcanzados con el mínimo de movimientos, PLT= Tiempo de planeación, Trans. = Transgresiones, Escala= tipo de escala correspondiente a la variable.

En la Tabla 9.7 se presentan los indicadores de salud reportados por los participantes. Se observó que, a excepción del promedio semanal de minutos diarios de sueño, el resto de las variables presentan distribución desviada de la normal. Por otro lado, al analizar las diferencias entre géneros, los hombres presentaron una mayor cantidad de porciones diarias reportadas de

Azúcares y Grasas, igualmente, presentan un valor mayor en el nivel de grasa abdominal identificado.

**Tabla 9.7.**

*Indicadores de salud (de estado y hábitos).*

		Alimentos			Hábitos		Antropometría	
		Vegetales	Grasas	Azúcares	MEEAD	Sueño (min.)	Pasos	Grasa Visceral
Hombres	$\bar{x}$	5.15	17.46	13.65	0.97	389.70	8901.07	8.59
(n=27)	D.E	3.85	8.97	7.91	1.69	60.13	5603.6	4.50
Mujeres	$\bar{x}$	6.39	11.73	9.28	0.67	382.23	9920.7	4.80
(n=30)	D.E	3.62	5.19	6.78	0.99	45.54	5487.07	3.19
U		295.0	575.5	565.0	398.5	418.0	364.0	641.5
p / r bp		.08/-.27	<b>.01/.42</b>	<b>.01/.39</b>	.91/-.02	.84/.03	.52/-0.10	<b>&lt; .001/.57</b>
$\bar{x}$ (total)		5.80	14.45	11.35	0.81	385.77	9437.7	6.60
Shapiro-Wilk		0.91	0.88	0.89	0.65	0.98	0.96	0.88
Shapiro - P		<b>&lt; .001</b>	<b>&lt; .001</b>	<b>&lt; .001</b>	<b>&lt; .001</b>	.36	.05	<b>&lt; .001</b>
Mínimo		0.50	3.50	1.00	0.00	296.71	6.38	1.00
Máximo		18.75	46.50	36.00	6.00	540.71	26278.3	20.00
Escala		Razón	Razón	Razón	Razón	Razón	Razón	Razón

*Notas:* U = U de Mann Whitney para la comparación entre géneros, la significancia estadística se reporta con el valor p que se encuentra adjunto al tamaño del efecto que está dado por la correlación punto biserial (p/ r bp).  $\bar{x}$  (total), Mínimo y Máximo corresponden a la muestra total, Escala= tipo de escala correspondiente a la variable, MEEAD = Eventos mensuales de consumo excesivo de alcohol.

En la Tabla 9.8 se presentan los resultados obtenidos de las medidas electrofisiológicas de los lóbulos frontales. Las variables derivadas del análisis de la actividad eléctrica cerebral

presentaron, en su mayoría, una distribución no-paramétrica; excepto por la de Coherencia Frontal entre las derivaciones F3 y F4. Por otra parte, los resultados de la prueba estadística no reportaron diferencias significativas entre géneros.

**Tabla 9.8.**

*Medidas electrofisiológicas de los lóbulos frontales (Proporción Theta/Beta y Coherencia).*

		Proporción Theta/Beta			Coherencia	
		Fz Th/B	F3 Th/B	F4 Th/B	Fp1-Fp2	F3-F4
Hombres	$\bar{x}$	1.37	1.24	1.19	75.09	67.58
(n=27)	D.E	0.73	0.63	0.60	12.08	11.48
Mujeres	$\bar{x}$	1.09	1.00	1.01	71.07	69.86
(n=30)	D.E	0.53	0.50	0.51	15.62	13.74
U		491.0	491.0	477.0	458.0	350.0
p / r bp		.17/.21	.17/.21	.25/.18	.40/.13	.39/-.14
$\bar{x}$ (total)		1.22	1.11	1.10	72.97	68.78
Shapiro-Wilk		.92	.93	.94	.95	.97
Shapiro - P		<b>&lt; 0.001</b>	<b>0.003</b>	<b>0.005</b>	<b>0.03</b>	0.26
Mínimo		0.39	0.31	0.32	26.33	39.58
Máximo		3.44	2.88	2.57	95.80	91.76
Escala		Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo

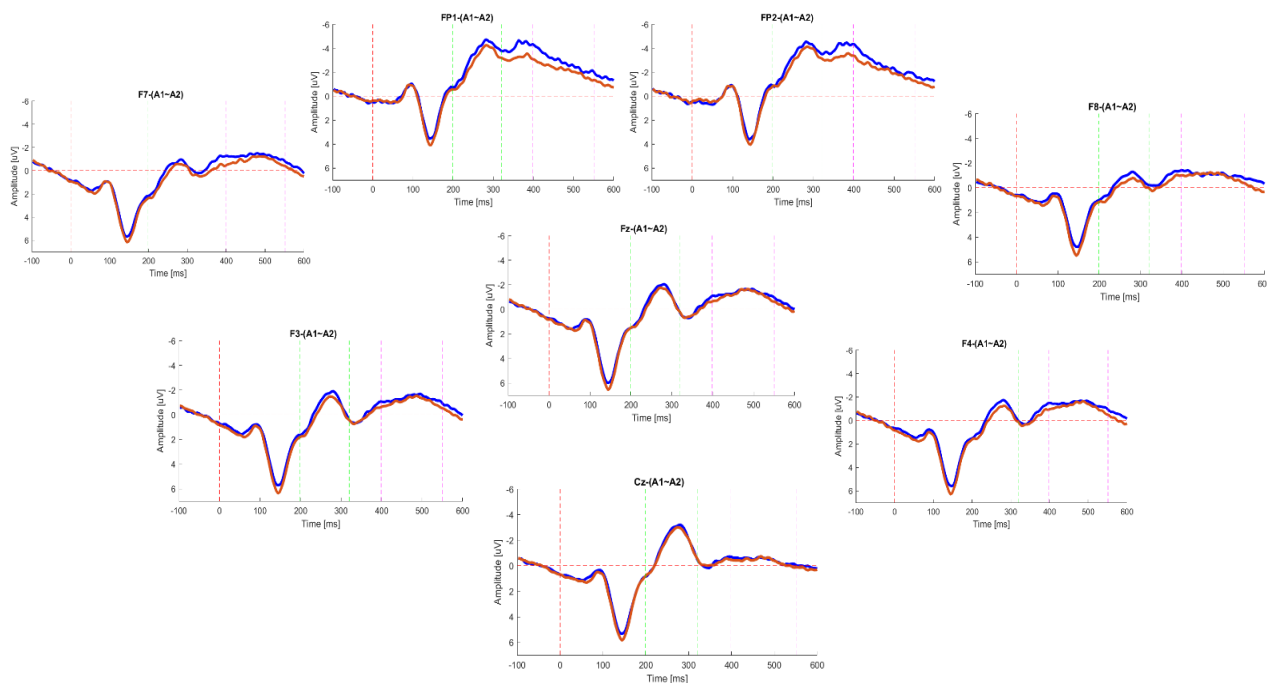
*Notas:* U= U de Mann Whitney para la comparación entre géneros, la significancia estadística se reporta con el valor p que se encuentra adjunto al tamaño del efecto que está dado por la correlación punto biserial (p/ r bp).  $\bar{x}$  (total), Mínimo y Máximo corresponden a la muestra total, Escala= tipo de escala correspondiente a la variable.

En la Figura 9.3, se presentan los ERP de la región frontal durante el desempeño en la prueba Stroop. Para el análisis de los ERP, dos participantes fueron excluidos debido a problemas técnicos en el registro. Los participantes excluidos fueron un hombre de rango escolar bajo y normopeso y una mujer del rango escolar medio con sobrepeso.

Se observó que la amplitud obtenida para el estímulo congruente y el estímulo incongruente (componentes N2 y N4) fue relativamente similar tanto en Fz como en Cz (ver resultados comparativos en la Tabla 9.9).

### Figura 9.3.

*ERP de la región frontal durante el desempeño en la prueba de Stroop.*



*Notas:* Gran promedio  $n=55$ , color rojo es para estímulo incongruente, color azul para estímulo congruente. La segunda línea vertical verde punteada cierra la ventana para la estimación de N2 y la última línea a la derecha cierra la ventana para la estimación de N4. Adicional a las derivaciones frontales, la imagen incluye la derivación Cz. Los paneles están organizados en función del sistema internacional 10/20.

En la tabla 9.9 se presenta los resultados de la amplitud (microvolts pk-pk) de los componentes N2 y N4 obtenidos durante la realización de la prueba de Stroop, para las derivaciones Fz y Cz, estos resultados se presentan en función del tipo de estímulo (congruente e incongruente). Los resultados obtenidos no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre géneros y únicamente se presentó una distribución normal en la amplitud correspondiente al componente N2 en ambas derivaciones (estímulo tanto congruente como incongruente).

**Tabla 9.9.**

*Datos descriptivos de los ERP (amplitud pk-pk).*

		Fz Amp				Cz Amp			
		N2 C	N2 I	N4 C	N4 I	N2 C	N2 I	N4 C	N4 I
Hombres	$\bar{x}$	10.49	10.83	5.55	5.34	10.74	11.22	4.30	4.13
(n=26)	D.E	3.65	4.14	3.80	3.92	3.81	4.18	2.44	2.49
Mujeres	$\bar{x}$	10.23	10.41	6.08	5.96	10.69	10.91	3.72	3.76
(n=29)	D.E	3.63	3.64	5.82	5.56	3.67	3.48	2.83	2.60
U		396	387	378	380	372	368	452	415
p / r bp		.76/.05	.87/.03	.99/.003	.97/.008	.94/-.01	.89/.02	-.21/.20	.53/.10
$\bar{x}$ (total)		10.36	10.61	5.83	5.67	10.71	11.06	3.40	3.94
Shapiro-Wilk		.97	.97	.75	.78	.98	.97	.86	.89
Shapiro - P		.115	.22	< .001	< .001	.48	.19	< .001	< .001
Mínimo		3.91	3.31	0.68	0.73	3.34	3.87	0.78	.58
Máximo		17.88	18.44	29.51	25.98	19.68	19.09	13.80	11.73
Escala		Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo

*Nota:* Los valores están expresados en microvolts, la letra “C” hace referencia a que el potencial fue evocado ante un estímulo congruente y la “I” ante uno incongruente. U = U de Mann Whitney para la comparación entre géneros, la significancia estadística se reporta con el valor p que se encuentra adjunto al tamaño del efecto que está dado por la correlación punto biserial (p/ r bp).  $\bar{x}$  (total), Mínimo y Máximo corresponden a la muestra total, Escala= tipo de escala correspondiente a la variable.

En la Tabla 9.10 se presentan los resultados de las latencias de los ERP. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las latencias según el género. Además, ninguna de las variables de este grupo mostró una distribución normal.

**Tabla 9.10.**

*Datos descriptivos de los ERP (latencia).*

		Fz Lt				Cz Lt			
		N2 C	N2 I	N4 C	N4 I	N2 C	N2 I	N4 C	N4 I
Hombres	$\bar{x}$	265.77	265.17	459.43	462.29	266.53	265.47	458.08	457.48
(n=26)	D.E	28.16	30.54	50.96	46.32	27.74	29.35	43.27	42.03
Mujeres	$\bar{x}$	271.41	273.30	467.27	454.34	269.93	270.61	475.89	467.13
(n=29)	D.E	22.82	23.17	45.01	43.51	22.52	22.22	47.03	40.82
U		355	347.5	333	407	368.5	373	283.5	317
p / r bp		.07/- .60	.62/- .08	.46/- .12	.62/.08	.89/- .02	.95/- .01	.11/- .25	.31/- .16
$\bar{x}$ (total)		268.75	269.46	463.56	458.10	268.32	268.18	467.47	462.57
Shapiro-Wilk		.92	.94	.92	.91	.94	.95	.93	.94
Shapiro - P		< .001	.007	.001	< .001	.007	.037	.005	.011
Mínimo		199.22	199.22	398.44	398.44	199.22	199.22	398.44	398.44
Máximo		312.5	316.4	547.88	539.06	308.59	316.40	542.97	535.16
Variable		Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo	Intervalo

*Nota:* Los valores están expresados en milisegundos, la letra “C” hace referencia a que el potencial fue evocado ante un estímulo congruente y la “I” ante uno incongruente. U= U de Mann-Whitney, r bp= correlación punto biserial. U = U de Mann Whitney para la comparación entre géneros, la significancia estadística se reporta con el valor p que se encuentra adjunto al tamaño del efecto que está dado por la correlación punto biserial (p/ r bp).  $\bar{x}$  (total), Mínimo y Máximo corresponden a la muestra total, Escala= tipo de escala correspondiente a la variable.

### **Análisis de resultados en función de las hipótesis**

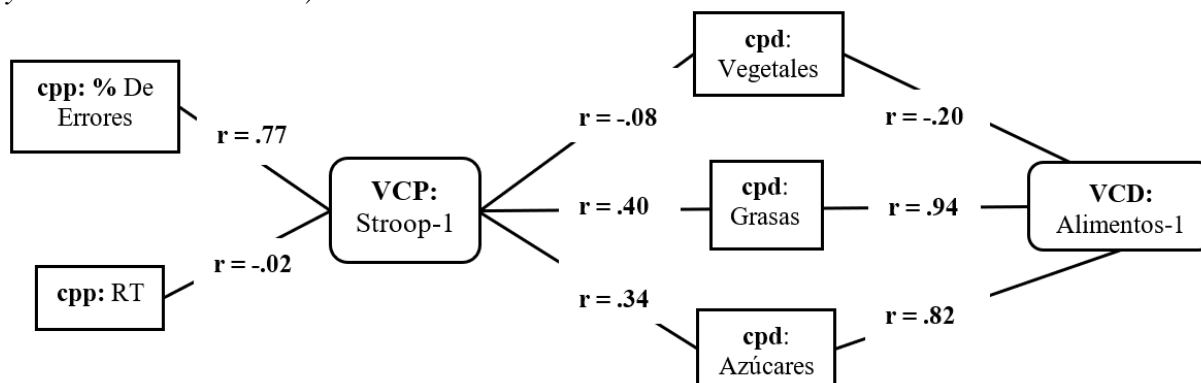
Se presentan los resultados agrupándolos por objetivos e hipótesis.

El primer objetivo específico fue analizar la predictibilidad de las EF ya mencionadas, así como la valoración del riesgo y beneficio en relación con variables asociadas a la salud; como son la actividad física, la calidad de sueño y el consumo de alcohol. En relación con esto, la primera hipótesis derivada de este objetivo postuló una relación predictiva directa entre la eficiencia en el desempeño de la prueba de Stroop (menores porcentaje de errores y el tiempo de reacción) y la elección de una alimentación saludable, la cual se define por mayores porciones de vegetales, y menores grasas saturadas y azúcares refinados consumidos.

Los resultados del análisis canónico se resumen en la Figura 9.4, en donde se observa una relación estadísticamente significativa ( $r = .42, p < .05$ ) entre el desempeño en la prueba de Stroop (VC Stroop-1) y la elección de alimentos (VC Elección de Alimentos-1). El mayor peso en la predicción por parte de la variable canónica independiente correspondió al porcentaje de errores de la prueba de Stroop, por otra parte, el mayor peso de la variable canónica dependiente lo aportan las porciones de grasas y azúcares (ver Tabla 9.8 y Figura 9.4).

**Figura 9.4.**

*Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (proporción Stroop y elección de alimentos).*

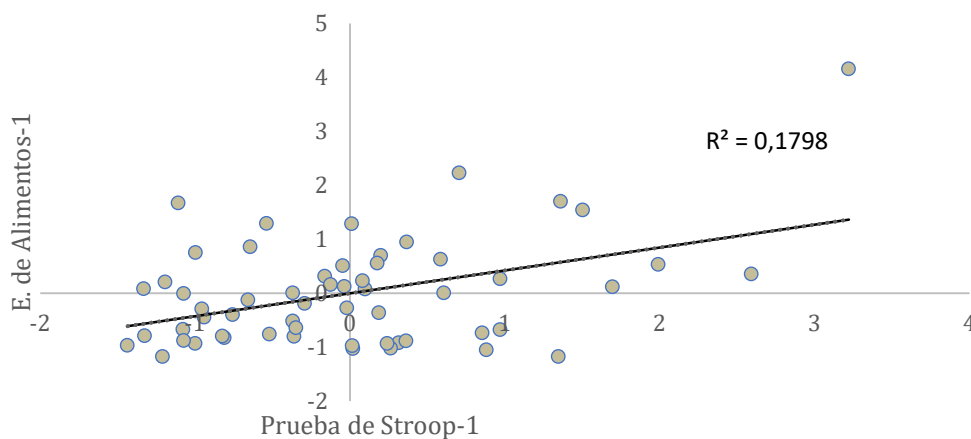


*Notas:* Del lado izquierdo se puede observar la Variable Canónica Predictora (VCP) y sus componentes (cpp) en el extremo izquierdo, a su derecha se encuentran los Componentes de la Variable Canónica Dependiente (cpd) y a la extrema derecha la Variable Canónica Dependiente (VCD). Montados en las líneas se encuentran los valores de correlación ( $r$  de Pearson) que permiten determinar el peso específico y la dirección en la ecuación de la recta. Las variables canónicas se encuentran en recuadros con esquinas ovaladas. RT= Tiempo de Reacción.

En la Figura 9.5, se presenta la correlación entre la prueba de Stroop (VC Stroop-1) y la elección de alimentos (VC Elección de Alimentos-1). Se observó que el deterioro en la efectividad de la respuesta a la prueba de Stroop se asoció con una elección de alimentos tendiente a una mayor cantidad de azúcares y grasas, y de forma débil con menos vegetales, la fuerza general de la correlación se dio con un tamaño del efecto mediano ( $r = 0.42$ ,  $R^2 = 0.178$ ,  $p < .05$ ). A pesar de que los resultados (debido al peso específico de cada variable observada) se expresan desde una asociación positiva entre el deterioro en la ejecución en la prueba con la alimentación poco saludable, la dirección de la relación es la esperada.

**Figura 9.5.**

*Correlación canónica entre el desempeño en la prueba de Stroop y la Elección de Alimentos.*

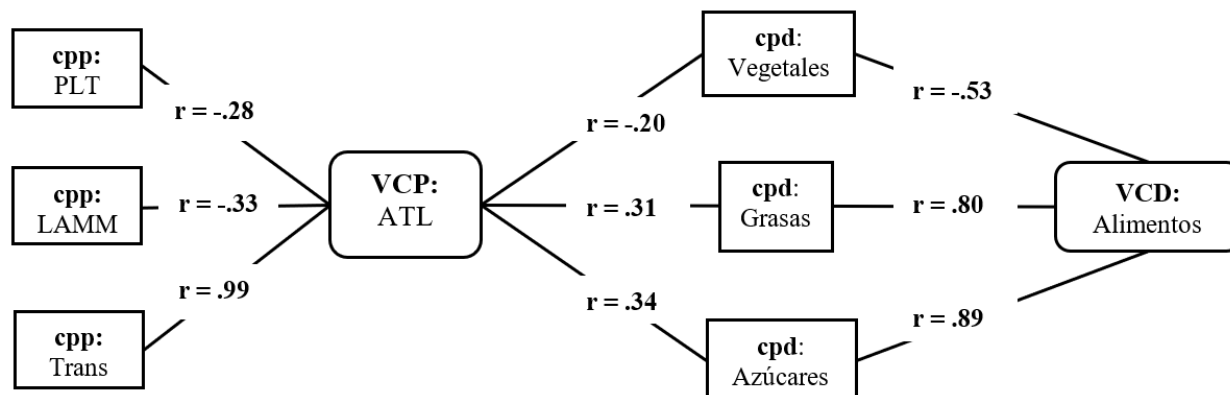


*Nota:* En el eje vertical se presenta la variable canónica dependiente y en el horizontal la variable canónica predictora. Los valores están expresados en términos de desviaciones estándar. Se incluye la  $R^2$  y la línea de regresión.

La segunda hipótesis, derivada del objetivo número uno, sugería una capacidad predictora directamente proporcional entre el desempeño de la prueba de planeación (compuesto por el tiempo de planeación, los niveles alcanzados con el mínimo de movimientos y el número de transgresiones cometidos), respecto de la elección saludable de alimentos descrita en el párrafo anterior. En la Figura 9.6 se presentan los resultados de la relación canónica. A pesar de que el valor de correlación indicó una relación en el sentido esperado, en donde menor efectividad en el desempeño de la tarea se vinculó a una elección menos saludable de alimentos (VC Desempeño en ATL-1 y Elección de Alimentos-2), esta relación no fue estadísticamente significativa ( $r = .39$ ;  $p = .40$ ).

**Figura 9.6.**

*Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (ATL y Alimentación).*



*Notas:* Del lado izquierdo se puede observar la Variable Canónica Predictora (VCP) y sus componentes (cpp) en el extremo izquierdo, a su derecha se encuentran los Componentes de la Variable Canónica Dependiente (cpd) y a la extrema derecha la Variable Canónica Dependiente (VCD). Montados en las líneas se encuentran los datos (correlación de Pearson ( $r$ ) que permiten determinar el peso específico y la dirección de la predicción. Adicionalmente las variables canónicas se encuentran en recuadros con esquinas ovaladas. LAMM= niveles alcanzados con el mínimo de movimientos, PLT= Tiempo de planeación, Trans. = Transgresiones, ATL= Torre Adaptada de Londres.

En la Tabla 9.11 se presentan los resultados de la tercera hipótesis derivada del primer objetivo, en la cual se propuso una relación directamente proporcional entre la efectividad en la respuesta a la prueba de Stroop y la cantidad de sueño registrada por día. Para poner a prueba esta hipótesis, se realizó una regresión lineal múltiple. Los resultados mostraron una relación directamente proporcional y estadísticamente significativa, así como un tamaño del efecto pequeño en el modelo global ( $r = .33$ ,  $R^2$  ajustada = .08,  $p < .05$ ), al analizar los coeficientes específicos se identifica que el único predictor en alcanzar valor estadísticamente significativo fue el % de errores de la prueba (ver Tabla 9.11 y Figura 9.7).

**Tabla 9.11.**

*Resultados del análisis de regresión lineal múltiple (Stroop vs Sueño).*

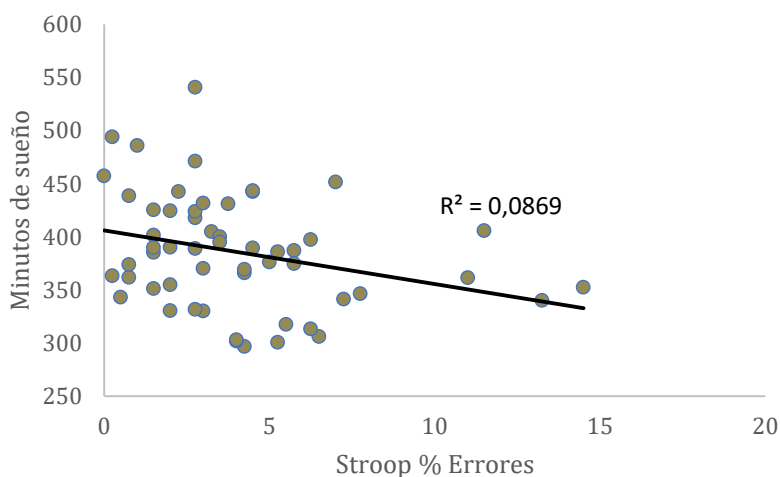
Modelo		No estandarizado	Error estándar	Coef. De regresión estandarizado	t	p
H <sub>1</sub>	(Intersección)	327.51	64.44		5.08	<.001
	Stroop % Errores	-3.51	1.39	-0.415	-2.52	*.01
	Stroop RT (tiempo de reacción)	0.13	0.10	0.200	1.22	.30

*Notas:* Variable dependiente: cantidad diaria de sueño, \* <.05, RT en milisegundos.

En la Figura 9.7 se presentan la regresión lineal entre la prueba de Stroop y la cantidad de minutos de sueño. Se observó que el porcentaje de errores en la prueba de Stroop se relacionó de forma inversamente proporcional y con un tamaño de efecto pequeño/mínimo necesario ( $r = 0.30$ ,  $R^2 = .09$ ,  $p < .05$ ) con la cantidad de minutos de sueño.

**Figura 9.7.**

*Resultados predictivos significativos Regresión Lineal (Stroop vs Sueño).*



*Notas:* La figura muestra la relación entre el porcentaje de errores de la prueba de Stroop y el promedio diario de sueño registrado.

En la tabla 9.12 se presentan los resultados obtenidos de la cuarta hipótesis, que indicaba una relación de predicción en un sentido inversamente proporcional entre el desempeño de la prueba de ATL y la cantidad de pasos medida por día. Los resultados del análisis de regresión lineal múltiple, a pesar de no presentar un resultado global significativo ( $r=.33$ ,  $R^2=.06$ ,  $p=.1$ ), identifican una relación de predicción significativa entre LAMM y el número de pasos diarios con un tamaño del efecto pequeño/ mínimo necesario ( $r = -.27$ ,  $R^2=.075$ ,  $p <.05$ ).

**Tabla 9.12.**

*Resultados del análisis de regresión lineal múltiple (ATL y Promedio de pasos diarios).*

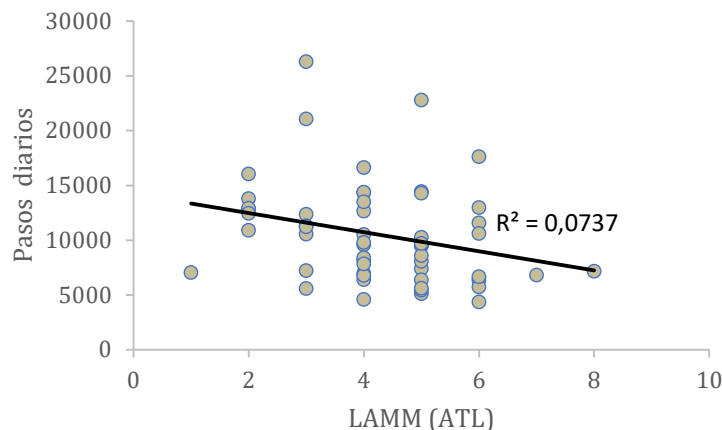
Modelo		Coefficiente de regresión no estandarizado	Error estándar	Coef. De regresión estandarizado	t	p
H <sub>1</sub>	(Intersección)	15612.73	2735.91		5.71	< .001
	ATL-LAMM	-1298.91	532.57	-0.33	-2.44	<b>*.02</b>
	ATL Tiempo de planeación	0.03	0.16	0.02	0.18	.85
	Transgresiones	-108.29	83.76	-0.17	-1.29	.20

*Notas:* Variable dependiente: cantidad diaria de pasos, \* <.05, tiempo de planeación en milisegundos, LAMM (niveles alcanzados con el mínimo de movimientos).

En la Figura 9.8, se presenta la regresión lineal entre los niveles logrados en la prueba ATL con el mínimo de movimientos y los pasos diarios. La relación indica que una menor cantidad de niveles logrados con el mínimo de movimientos se asocia a una mayor cantidad de pasos, lo que implica una relación contraria a la esperada.

**Figura 9.8.**

*Resultados predictivos significativos Regresión Lineal (ATL y Pasos diarios).*



*Notas:* La figura muestra la relación entre los niveles alcanzados con el mínimo de movimientos (LAMM) de la prueba ATL y el promedio de pasos diarios. Se presenta la línea de regresión.

En la Tabla 9.13 se presentan los análisis de regresión lineal múltiple asociados a la quinta hipótesis vinculada a este objetivo, en donde se planteó una relación directamente proporcional entre la efectividad en la resolución de la prueba ATL y la cantidad de sueño registrado por día. Los resultados obtenidos de la regresión no mostraron una relación significativa entre variables ( $r=.09$ ,  $R^2=.05$ ,  $p=.9$ ).

**Tabla 9.13.**

*Resultados del análisis de regresión lineal múltiple (ATL y Sueño).*

Modelo	No estandarizado	Error estándar	Coef. De regresión estandarizado	t	p
(Intersección)	391.18	27.550		14.20	< .001
ATL-LAMM	-0.39	5.363	-0.01	-0.07	.94
ATL Tiempo de planeación	9.243	0.002	0.01	0.06	.95
Transgresiones	-0.56	0.84	-0.09	-0.66	.51

*Notas:* Variable dependiente: cantidad diaria de sueño en minutos, \* <.05, tiempo de planeación en milisegundos, LAMM (niveles alcanzados con el mínimo de movimientos).

En la Tabla 9.14 se presentan los resultados del GLMM (Modelos Lineales Mixtos Generalizados) vinculados a la sexta hipótesis derivada del primer objetivo, en donde se consideró una relación de predicción entre la prueba BART, con una dirección directamente proporcional entre los valores de COV y el consumo excesivo de alcohol. Sin embargo, los resultados obtenidos generados por el GLMM no presentaron valores con significancia estadística.

**Tabla 9.14.**

*Resultados del análisis GLMM para distribución de Poisson (BART y MEEAD).*

Parámetro	B	Error estándar	95% Wald intervalo de confianza		Contraste de hipótesis		
			Inferior	Superior	Chi-cuadrado de Wald	gl	p.
(Intersección)	-.53	.42	-1.34	.29	1.60	1	.21
COV Ar	.67	.96	-1.21	2.54	.49	1	.49
COV Br	.19	1.04	-1.85	2.24	.04	1	.85

*Notas:* Variable dependiente: MEEAD (Eventos mensuales de consumo excesivo de alcohol). \* $<.05$ , B = beta. BART = Balloon Analogue Risk Test, ATL = Torre de Londres Adaptada, % Err. (I)= Porcentaje de errores (estímulo incongruente), RT= Tiempo de reacción, COV= coeficiente de variabilidad, AR= Alto riesgo, BR= Bajo riesgo.

En la Tabla 9.15 se presentan los resultados obtenidos asociados a la primera hipótesis correspondiente al segundo objetivo. La hipótesis planteó una relación predictiva inversamente proporcional entre desempeño en la prueba de Stroop y el nivel de grasa visceral. El análisis GLMM mostró una relación significativa ( $p<.05$ ) entre las variables acorde con la dirección esperada en las hipótesis. El % de errores mostró un tamaño del efecto entre débil y moderado ( $\beta=.28$ ), sin embargo, se desestimó el resultado entre el RT y el Nivel de Grasa Visceral debido a su reducido tamaño del efecto ( $\beta<.20$ ).

**Tabla 9.15.**

*Resultados del análisis GLMM para distribución de Poisson (Stroop vs Grasa Visceral).*

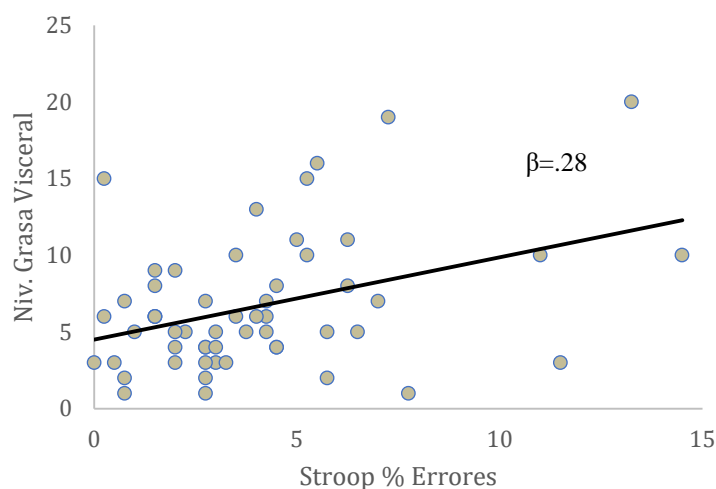
Parámetro	B	Error estándar	95% de intervalo de confianza de Wald		Contraste de hipótesis		
			Inferior	Superior	Chi-cuadrado de Wald	gl	p.
(Intersección)	2.68	.49	1.71	3.64	29.78	1	<.001
% de errores	.049	.01	.030	.07	26.09	1	<.001
RT (ms) Stroop	-.002	.08	-.003	.00	4.95	1	*.026

*Notas:* Variable dependiente= Nivel de grasa visceral, \* <.05, B= beta.

En la Figura 9.9 se presentan la relación entre el porcentaje de errores de la prueba Stroop y el nivel de grasa visceral. Los resultados mostraron una relación predictora significativa ( $p < .05$ ), directamente proporcional con un tamaño del efecto de débil a moderado ( $\beta = .28$ ) respecto del Nivel de Grasa Visceral.

**Figura 9.9.**

*Resultados predictivos significativos GLMM (Stroop vs Grasa Visceral).*



*Notas:* La línea de regresión presenta un ajuste logarítmico para adecuarse a la distribución de Poisson correspondiente a la variable dependiente.

En la Tabla 9.16 se presentan los resultados obtenidos, en función de la segunda hipótesis del segundo objetivo. En esta hipótesis se planteó una relación inversamente proporcional entre el desempeño en la prueba ATL (mayor número de niveles alcanzados con el mínimo de movimientos, mayor tiempo de reacción y menor cantidad de transgresiones) y el Nivel de Grasa Visceral. Los resultados del GLMM muestran una relación estadísticamente significativa ( $p < .05$ ) entre las variables Total de transgresiones y LAMM respecto del Nivel de Grasa Visceral, sin embargo, únicamente la variable Total de transgresiones presenta un tamaño del efecto aceptable y una fuerza moderado ( $\beta = .38$ ), de tal manera que se descartan los resultados vinculados a la variable LAMM ( $\beta < .20$ ).

**Tabla 9.16.**

*Resultados del análisis GLMM para distribución de Poisson (ATL vs nivel de grasa visceral).*

Parámetro	B	Error estándar	95% de intervalo de confianza de Wald		Contraste de hipótesis		
			Inferior	Superior	Chi-cuadrado de Wald	gl	p
(Intersección)	1.24	.21	.82	1.66	33.32	1	<.001
Tiempo de planeación	3.79	1.18	-1.94	2.70	.10	1	.75
LAMM	.09	.04	.01	.17	5.49	1	*.02
Total de transgresiones	.02	.05	.01	.03	21.86	1	<.001

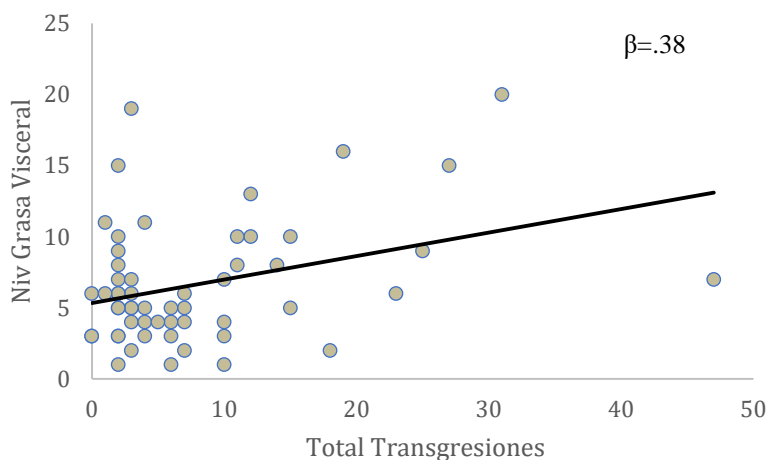
*Notas:* Variable dependiente: Nivel de grasa visceral, LAMM = Niveles alcanzados con el mínimo de movimientos, \* <.05, B= beta absoluta.

En la Figura 9.10 se presenta la relación entre las transgresiones presentadas en la prueba ATL y el nivel de grasa visceral. Al respecto, se observó una asociación significativa ( $p < .001$ )

entre ambas variables, directamente proporcional, con un tamaño del efecto de débil a moderado ( $\beta=.38$ ).

### Figura 9.10.

*Resultados predictivos significativos GLMM (ATL vs Grasa Visceral).*



*Notas:* La línea de regresión presenta un ajuste logarítmico para adecuarse a la distribución de Poisson correspondiente a la variable dependiente.

El tercer objetivo del presente estudio implicó analizar la relación entre la actividad electrofisiológica de los lóbulos frontales (proporción theta/beta, coherencia interhemisférica y ERP – N2 y N4) y el desempeño en tareas relacionadas con las EF de control inhibitorio, planeación y valoración riesgo/beneficio.

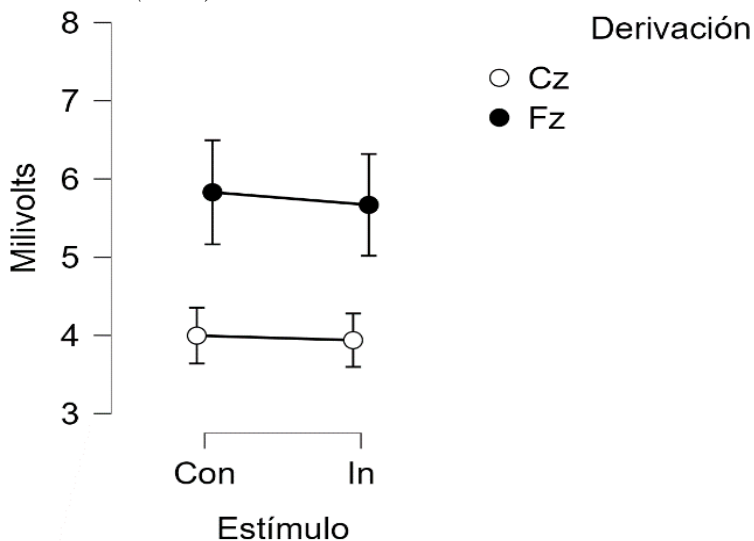
Para el análisis de la proporción Theta/Beta, inicialmente se consideraron las derivaciones Fp1, Fp2, F3, F4 y Fz, sin embargo, se descartaron las derivaciones F3 y F4 debido a colinealidad ( $r > .98$ ). Para evaluar el uso de los ERP como predictores basados en los valores de amplitud y latencia de los componentes N2 y N4, se llevaron a cabo pruebas ANOVA. Estas evaluaron las diferencias de cada componente según el tipo de estímulo (congruente o incongruente) y la derivación (Fz y Cz).

Los resultados de las pruebas estadísticas no revelaron diferencias significativas entre el tipo de estímulo ( $F(1,216) = 0.007, p=0.93$ ) ni la derivación ( $F(1,216) = 0.060, p=0.806$ ) para la latencia del componente N2, tampoco se observaron diferencias en la amplitud en función del estímulo ( $F(1,216) = 0.346, p=0.56$ ) o derivación ( $F(1,216) = 0.629, p=0.43$ ).

Por otra parte, para el componente N4 no se identificaron diferencias significativas en la latencia en función del tipo de estímulo ( $F(1,216) = 0.745, p=0.39$ ) o derivación ( $F(1,216) = 0.472, p=0.49$ ), en cuanto a la amplitud de este componente, tampoco se identifican diferencias significativas en función del estímulo ( $F(1,216) = 0.043, p=0.83$ ), sin embargo, si se identifican diferencias significativas entre derivaciones ( $F(1,216) = 11.443, p < .01, \eta^2 = 0.05$ ), presentando mayor amplitud en Fz y un tamaño del efecto de pequeño a mediano (ver Figura 9.11).

**Figura 9.11.**

*Amplitud del componente N4 (ERP).*



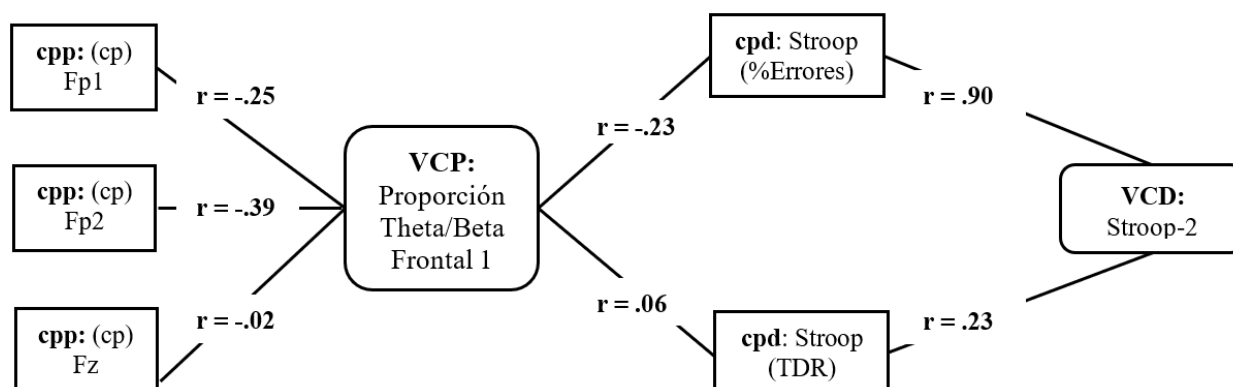
*Notas:* Con= estímulo congruente, In= estímulo incongruente, Barras de error= error estándar.

Con base en las pocas diferencias identificadas en las medidas de amplitud y latencia entre derivaciones y considerando la respuesta más acentuada en Fz para el componente N4, se seleccionó únicamente esta derivación para la evaluación de hipótesis correspondientes.

En la Figura 9.12 se presentan los resultados obtenidos del análisis de correlación canónica de la primera hipótesis. La primera hipótesis planteó que a mayor proporción theta/beta se observaría un desempeño menos eficiente en las tres pruebas cognitivas contempladas. Los resultados fueron realizados por separado para cada prueba cognitiva, en donde no se reportó una relación estadísticamente significativa ( $r = .25, p = .37$ ) entre la variable electrofisiológica (VC Proporción Theta/Beta Frontal-1) y la prueba de Stroop (VC Desempeño en Prueba de Stroop-2).

**Figura 9.12.**

*Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (proporción theta/beta y Stroop).*

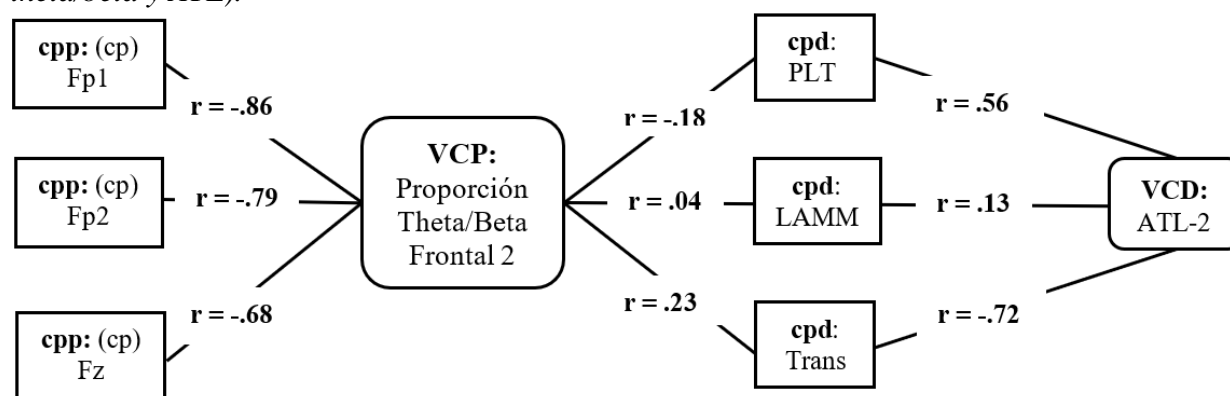


*Notas:* Del lado izquierdo se puede observar la Variable Canónica Predictora (VCP) y sus componentes (cpp) en el extremo izquierdo, a su derecha se encuentran los componentes de la Variable Canónica Dependiente (cpd) y a la extrema derecha la VCD. Montados en las líneas se encuentran los datos de correlación de Pearson ( $r$ ), Adicionalmente las variables canónicas se encuentran en recuadros con esquinas ovaladas.

En la Figura 9.13 se presentan las correlaciones canónicas entre la proporción theta/beta y la prueba ATL. Los resultados obtenidos no mostraron una relación estadísticamente significativa ( $r = .33, p = .66$ ) entre la VC Proporción Theta/Beta Frontal-2 y el desempeño en la prueba de planeación (VC Desempeño en la Prueba ATL-2).

**Figura 9.13.**

*Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (proporción theta/beta y ATL).*

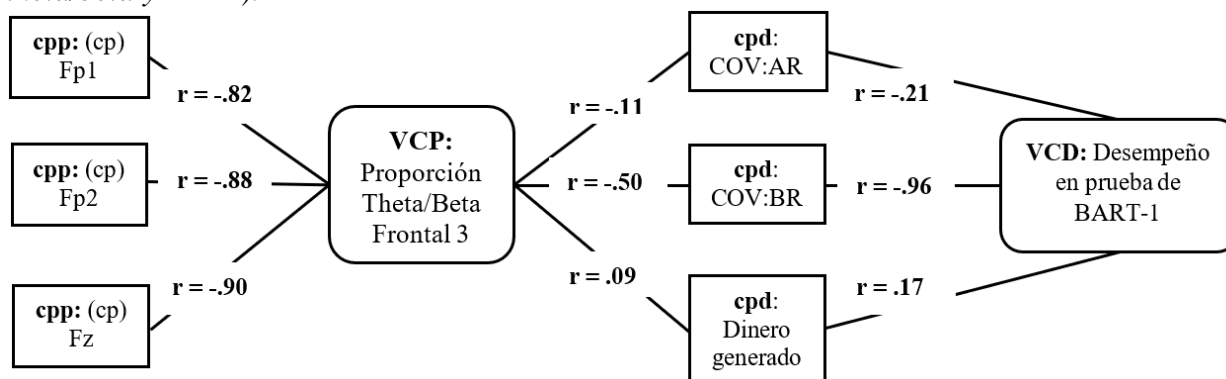


*Notas:* Del lado izquierdo se puede observar la Variable Canónica Predictora (VCP) y sus componentes (cpp) en el extremo izquierdo, a su derecha se encuentran los componentes de la Variable Canónica Dependiente (cpd) y a la extrema derecha la VCD. Montados en las líneas se encuentran los datos de correlación de Pearson ( $r$ ), Adicionalmente las variables canónicas se encuentran en recuadros con esquinas ovaladas.

En la Figura 9.14 se presenta la correlación canónica entre la proporción theta/beta y la prueba BART. Los resultados mostraron una relación estadísticamente significativa y un tamaño del efecto grande ( $r = .52, p < .05$ ) entre el incremento en la proporción theta/beta frontal (VC Proporción Theta/Beta Frontal-3) y el detrimento en el desempeño en la prueba de BART (VC Desempeño en la prueba BART-1), el mayor tamaño del efecto en la predicción de componentes se identificó entre la proporción Theta/Beta y el componente COV - bajo riesgo.

**Figura 9.14.**

Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (proporción theta/beta y BART).

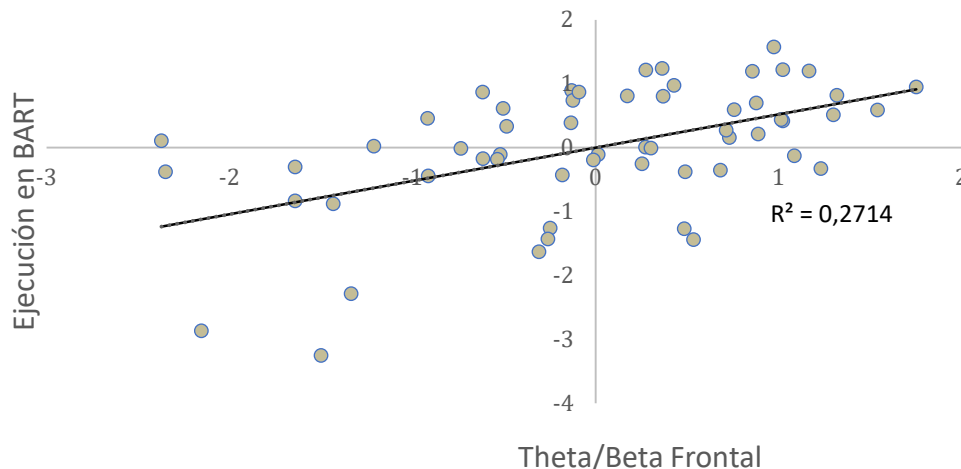


Notas: Del lado izquierdo se puede observar la Variable Canónica Predictora (VCP) y sus componentes (cpp) en el extremo izquierdo, a su derecha se encuentran los componentes de la Variable Canónica Dependiente (cpd) y a la extrema derecha la VCD. Montados en las líneas se encuentran los datos de correlación de Pearson ( $r$ ), que permiten determinar el peso específico y la dirección de la predicción. Adicionalmente las variables canónicas se encuentran en recuadros con esquinas ovaladas. Los ccp corresponden a derivaciones del sistema internacional 10/20. BART = Balloon Analogue Risk Test, ATL = Torre de Londres Adaptada, % Err. (I) = Porcentaje de errores (estímulo incongruente), RT = Tiempo de reacción, COV = coeficiente de variabilidad, AR = Alto riesgo, BR = Bajo riesgo.

En la Figura 9.15 se presenta la correlación entre la proporción Theta/Beta frontal (VC Proporción Theta/Beta Frontal-3) y la prueba BART (VC desempeño en la prueba BART -1). Se observó una relación directamente proporcional entre ambas variables ( $r = .52$ ,  $R^2 = .27$ ,  $p < .05$ ).

**Figura 9.15.**

*Correlación canónica entre la VC Proporción Theta/Beta Frontal-3 y la VC Desempeño en la prueba BART-1.*



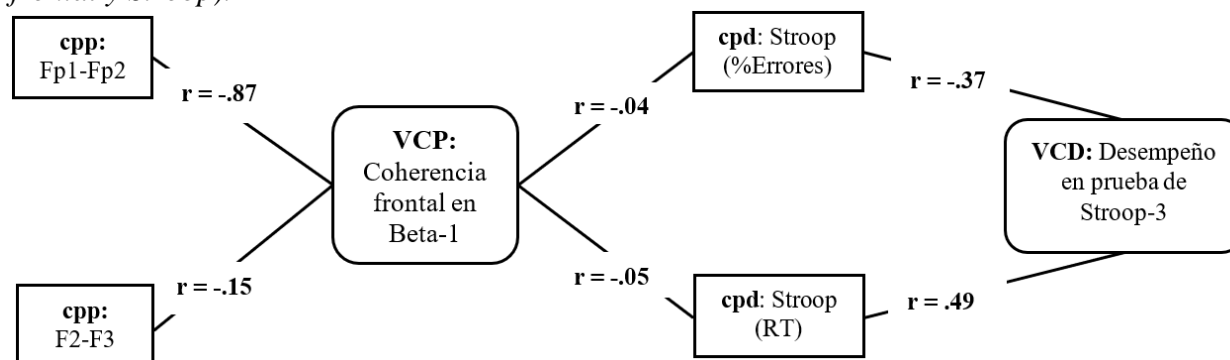
*Notas:* Del lado izquierdo se puede observar la Variable Canónica Predictora (VCP) y sus componentes (cpp) en el extremo izquierdo, a su derecha se encuentran los componentes de la Variable Canónica Dependiente (cpd) y a la extrema derecha la VCD. Montados en las líneas se encuentran los datos ( $r$ = correlación de Pearson, Coef= Coeficiente) que permiten determinar el peso específico y la dirección en la ecuación de la recta (entre cada variable canónica y sus componentes, los coeficientes son relativos a la escala de sus unidades, entre la variable VCP y los cpd de los coeficientes son estandarizados). Adicionalmente las variables canónicas se encuentran en recuadros con esquinas ovaladas. % Err= porcentaje de errores en la prueba de Stroop, RT= tiempo de reacción en la prueba de Stroop.

La siguiente hipótesis (3.2) derivada del tercer objetivo indicó que a mayor coherencia interhemisférica frontal se observaría una mayor efectividad en el desempeño de las tres pruebas cognitivas contempladas. De igual manera que con la hipótesis previa, el análisis se realizó de manera independiente para cada prueba.

En la Figura 9.16 se presenta el análisis de correlación realizado entre la coherencia beta frontal y la prueba de Stroop. Los resultados no mostraron una relación estadísticamente significativa ( $r= 0.10$ ,  $p=.93$ ) entre esta variable electrofisiológica (VC Coherencia Frontal en Beta-1) y la prueba de Stroop (VC Desempeño en prueba de Stroop-3).

**Figura 9.16.**

*Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (Coherencia en beta frontal y Stroop).*

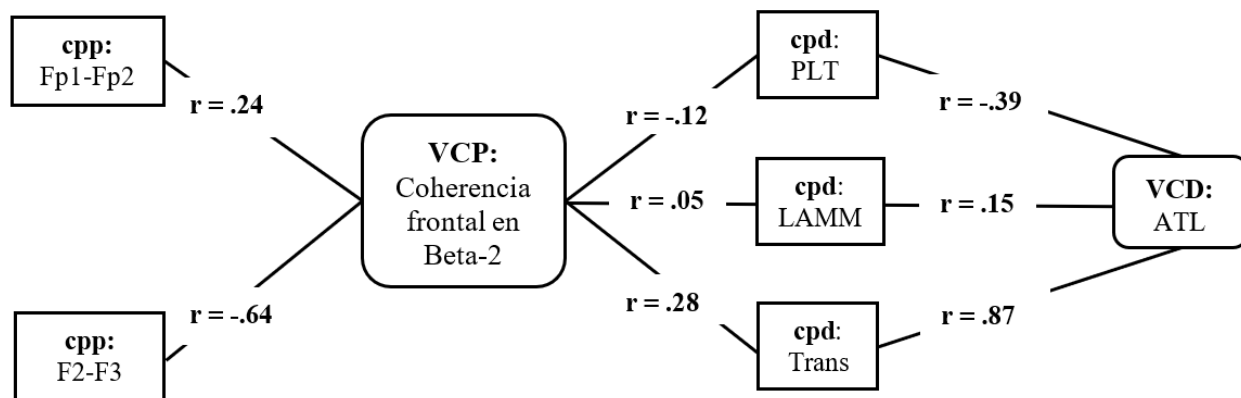


*Notas:* Del lado izquierdo se puede observar la Variable Canónica Predictora (VCP) y sus componentes (cpp) en el extremo izquierdo, a su derecha se encuentran los componentes de la Variable Canónica Dependiente (cpd) y a la extrema derecha la VCD. Montados en las líneas se encuentran los datos correlación de Pearson ( $r$ ), que permiten determinar el peso específico y la dirección de la predicción. Adicionalmente las variables canónicas se encuentran en recuadros con esquinas ovaladas. Los ccp corresponden a derivaciones del sistema internacional 10/20. % Err= porcentaje de errores en la prueba de Stroop, RT= tiempo de reacción en la prueba de Stroop.

En la Figura 9.17 se presenta el análisis de correlación canónica entre la coherencia frontal y la prueba ATL. Los resultados obtenidos fueron no significativos entre la coherencia frontal (CV Coherencia Frontal en Beta-2) y el desempeño en la prueba de ATL (CV Desempeño en la prueba ATL-3) ( $r = 0.32, p = .44$ ).

**Figura 9.17.**

*Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (Coherencia en beta frontal y ATL).*

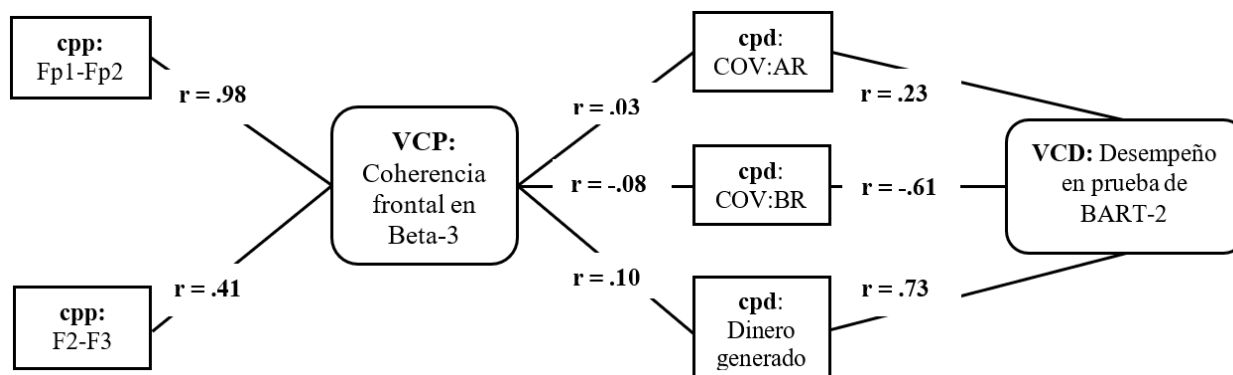


*Notas:* Del lado izquierdo se puede observar la Variable Canónica Predictora (VCP) y sus componentes (cpp) en el extremo izquierdo, a su derecha se encuentran los componentes de la Variable Canónica Dependiente (cpd) y a la extrema derecha la VCD. Montados en las líneas se encuentran los datos correlación de Pearson ( $r$ ). Adicionalmente las variables canónicas se encuentran en recuadros con esquinas ovaladas. LAMM= niveles alcanzados con el mínimo de movimientos, PLT= Tiempo de planeación, Trans. = Transgresiones, Escala= tipo de escala correspondiente a la variable.

En la Figura 9.18 se presenta la correlación canónica entre la coherencia interhemisférica frontal y la respuesta ante la condición riesgo/beneficio (Desempeño en la prueba BART-2). Los resultados obtenidos no reportaron una relación estadísticamente significativa entre ambas variables ( $r = .14, p = .92$ ).

**Figura 9.18.**

*Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (Coherencia en beta frontal y BART).*

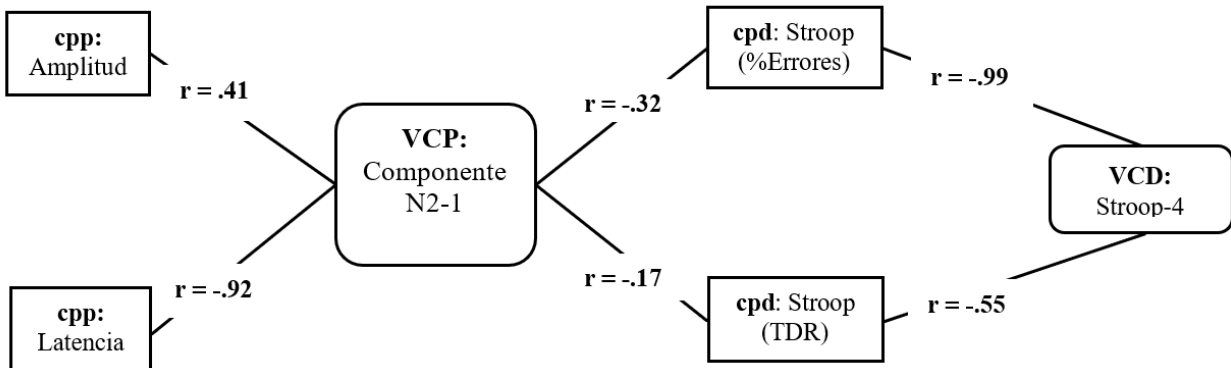


*Notas:* Del lado izquierdo se puede observar la Variable Canónica Predictora (VCP) y sus componentes (cpp) en el extremo izquierdo, a su derecha se encuentran los componentes de la Variable Canónica Dependiente (cpd) y a la extrema derecha la VCD. Montados en las líneas se encuentran los datos de correlación de Pearson ( $r$ ) que permiten determinar el peso específico y la dirección en la predicción. Adicionalmente las variables canónicas se encuentran en recuadros con esquinas ovaladas. BART = Balloon Analogue Risk Test, ATL = Torre de Londres Adaptada, % Err. (I)= Porcentaje de errores (estímulo incongruente), RT= Tiempo de reacción, COV= coeficiente de variabilidad, AR= Alto riesgo, BR= Bajo riesgo.

La última hipótesis (3.3) correspondiente a este objetivo indicó una relación de predicción entre los componentes N2 y N4 de los ERP, en la cual, la amplitud de los componentes actuase en una relación directamente proporcional respecto de la efectividad en la prueba de Stroop, mientras que la latencia actuase en un sentido inversamente proporcional. En la Figura 9.19 se presenta el análisis correlacional canónico entre el Componente N2-1 y el desempeño de la Prueba de Stroop-4, los resultados obtenidos no son significativos ( $r = .32$ ,  $p = .11$ ).

**Figura 9.19.**

*Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (ERP componente N2 y Stroop).*

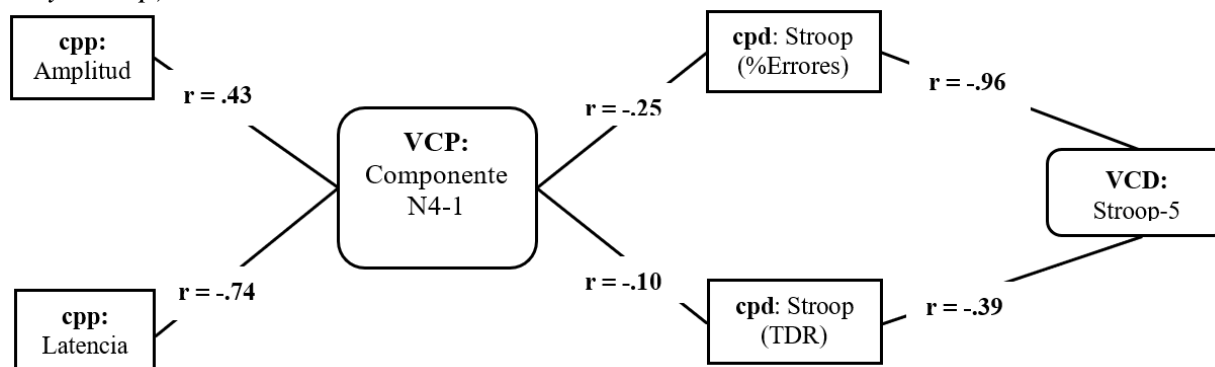


*Notas:* Del lado izquierdo se puede observar la Variable Canónica Predictora (VCP) y sus componentes (cpp) en el extremo izquierdo, a su derecha se encuentran los componentes de la Variable Canónica Dependiente (cpd) y a la extrema derecha la VCD. Montados en las líneas se encuentran los datos de correlación de Pearson ( $r$ ), que permiten determinar el peso específico y la dirección en la predicción. Adicionalmente las variables canónicas se encuentran en recuadros con esquinas ovaladas. % Err= porcentaje de errores en la prueba de Stroop, RT= tiempo de reacción en la prueba de Stroop.

En la Figura 9.20 se presente el análisis de correlación entre el Componente N4-1 y el desempeño en la prueba de Stroop-5. Los resultados no mostraron una relación significativa entre ambas variables ( $r = .26, p = .36$ ).

**Figura 9.20.**

*Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (ERP componente N4 y Stroop).*

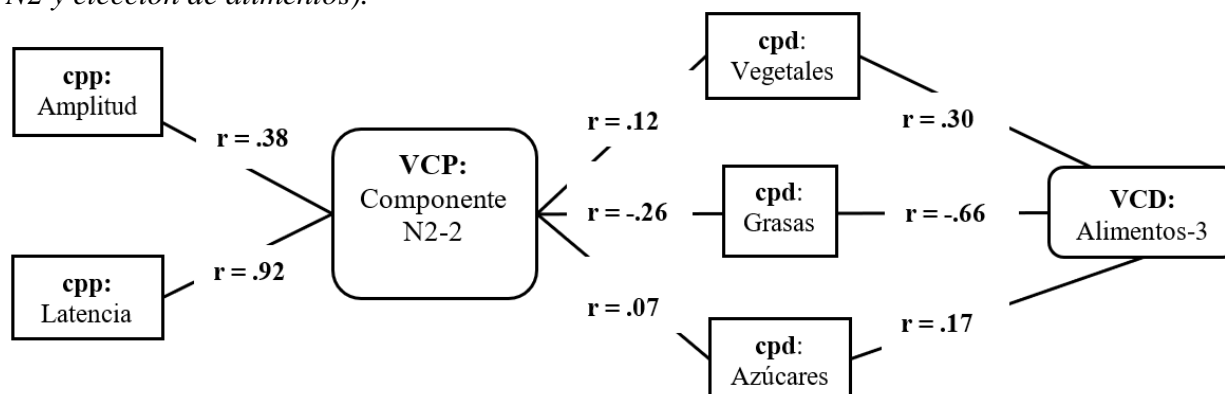


*Notas:* Del lado izquierdo se puede observar la Variable Canónica Predictora (VCP) y sus componentes (cpp) en el extremo izquierdo, a su derecha se encuentran los componentes de la Variable Canónica Dependiente (cpd) y a la extrema derecha la VCD. Montados en las líneas se encuentran los datos de correlación de Pearson ( $r$ ), que permiten determinar el peso específico y la dirección en la predicción. Adicionalmente las variables canónicas se encuentran en recuadros con esquinas ovaladas. % Err= porcentaje de errores en la prueba de Stroop, RT= tiempo de reacción en la prueba de Stroop.

La hipótesis derivada del objetivo 4 indicó que una menor latencia y potencia de los componentes N2 y N4 de los ERP, relacionadas con una elección de alimentos más saludable. En la Figura 9.21 se presenta la correlación canónica entre el Componente N2-2 y la elección de alimentos -3. Los resultados no reportaron una relación predictora significativa entre ambas variables ( $r=.40, p=.10$ ).

**Figura 9.21.**

*Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (ERP componente N2 y elección de alimentos).*

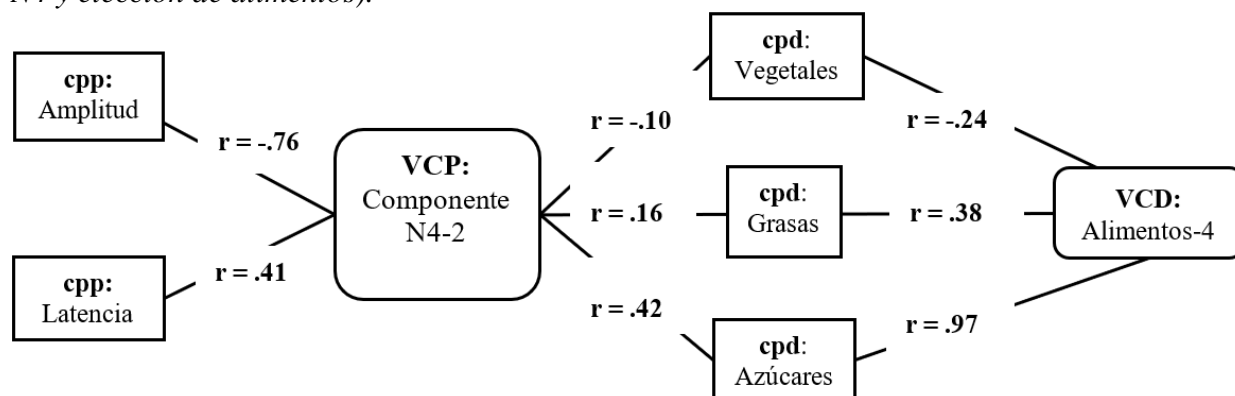


*Notas:* Del lado izquierdo se puede observar la Variable Canónica Predictora (VCP) y sus componentes (cpp) en el extremo izquierdo, a su derecha se encuentran los componentes de la Variable Canónica Dependiente (cpd) y a la extrema derecha la VCD. Montados en las líneas se encuentran los datos de correlación de Pearson, que permiten determinar el peso específico y la dirección en la ecuación de la recta. Adicionalmente las variables canónicas se encuentran en recuadros con esquinas ovaladas.

A partir de los resultados y acorde con la hipótesis correspondiente en la que se postuló que a mayor amplitud y menor latencia del componente N4 se presentaría una elección más saludable de alimentos (mayor consumo de vegetales, y menor consumo de azúcares y grasas), se identificó una relación significativa entre la VC Componente N4-2 y la VC Elección de Alimentos-4. En la Figura 9.22 se presentan los resultados obtenidos de la correlación entre ambas variables canónicas, en donde obtuvo una relación con un tamaño de efecto mediano ( $r = .43$ ,  $R^2 = .19$ ,  $p < .05$ ). La fuerza de la relación entre la variable canónica predictora y sus variables dependientes específicas se presentó principalmente para el consumo de azúcares con un tamaño del efecto moderado, y con un tamaño del efecto pequeño para grasas y vegetales.

**Figura 9.22.**

*Correlaciones y coeficientes de cada variable con su construcción canónica (ERP componente N4 y elección de alimentos).*

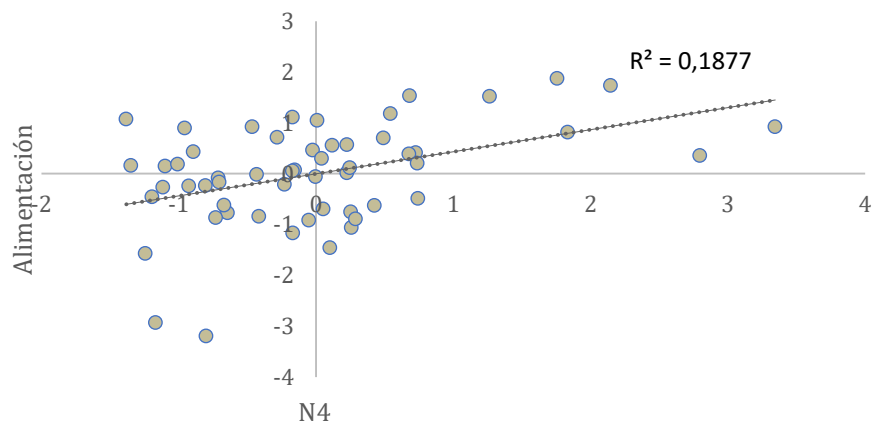


*Notas:* Del lado izquierdo se puede observar la Variable Canónica Predictora (VCP) y sus componentes (cpp) en el extremo izquierdo, a su derecha se encuentran los componentes de la Variable Canónica Dependiente (cpd) y a la extrema derecha la VCD. Montados en las líneas se encuentran los datos de correlación de Pearson, que permiten determinar el peso específico y la dirección en la ecuación de la recta. Adicionalmente las variables canónicas se encuentran en recuadros con esquinas ovaladas.

En la Figura 9.23 se presenta la correlación entre el consumo de alimentos y el componente N4-2. Se observó una relación directamente proporcional entre ambas variables (consumo de alimentos saludables corresponden con una mayor amplitud y menor latencia del ERP N4, o viceversa, consumo de alimentos no saludables corresponde con menor amplitud y mayor latencia).

**Figura 9.23.**

*Correlación canónica entre la proporción el componente N4 y la elección de alimentos.*



*Notas:* Los valores en ambos ejes, por la naturaleza de la correlación canónica corresponden a puntuaciones Z de la respectiva variable canónica.

El quinto y último objetivo de la presente investigación implicó analizar la relación entre la respuesta electrofisiológica de los lóbulos frontales y el nivel de grasa visceral. La primera hipótesis derivada de este objetivo indica que a mayor proporción Theta/Beta en lóbulos frontales se esperan mayores niveles de grasa visceral. En la Tabla 9.17 se presentan los resultados del GLMM aplicado a ambas variables. El análisis estadístico no muestra una relación de predicción significativa entre ambas variables, excepto para la respuesta electrofisiológica registrada en la derivación Fz ( $p < .05$ ), sin embargo, el tamaño del efecto es muy pequeño para considerar este resultado ( $\beta < .20$ ).

**Tabla 9.17.**

*Resultados del análisis GLMM para distribución de Poisson (Proporción Theta/Beta frontal y nivel de grasa visceral).*

Parámetro	B	Error estándar	95% de intervalo de confianza de Wald		Contraste de hipótesis		
			Inferior	Superior	Chi-cuadrado de Wald	gl	p
(Intersección)	1.958	.1228	1.718	2.199	254.319	1	>.000
FP1	-.643	.5891	-1.798	.511	1.192	1	.275
FP2	-.102	.4997	-1.081	.878	.041	1	.839
Fz	.594	.2553	.093	1.094	5.404	1	*.020

*Notas:* Variable dependiente = Nivel de grasa visceral, \*  $p < .05$

En función de este objetivo se planteó como segunda hipótesis que la coherencia interhemisférica en la banda de beta se comportaría en un sentido inversamente proporcional al nivel de grasa visceral. Los resultados de dicha hipótesis se presentan en la Tabla 9.18, mediante el análisis GLMM. Se observó una relación estadísticamente significativa e inversamente proporcional entre la coherencia en la banda de beta entre las derivaciones F3-F4 y el nivel de grasa visceral ( $p < .05$ ), sin embargo, se desestima este hallazgo debido a que el tamaño del efecto presentado es débil ( $\beta < .20$ ). Además de lo anterior, se observó que la Coherencia para la banda de Beta entre las derivaciones F3-F4 presentó una relación inversamente proporcional respecto al nivel de Grasa Visceral, aunque con un tamaño de efecto de débil a moderado.

**Tabla 9.18.**

*Resultados del análisis GLMM para distribución de Poisson (Coherencia Frontal en beta vs Nivel de Grasa Visceral).*

Parámetro	B	Error estándar	95% de intervalo de confianza de Wald		Contraste de hipótesis		
			Inferior	Superior	Chi-cuadrado de Wald	gl	Sig
(Intersección)	2.03	0.32	1.41	2.65	41.03	1.00	>.001
FP1-FP2	0.01	0.00	0.00	0.02	2.63	1.00	.11
F3-F4	-0.01	0.01	-0.02	0.00	4.14	1.00	*.04

*Notas:* Variable dependiente = Nivel de grasa visceral, \* p<.05

La tercera hipótesis contemplada en el objetivo cinco consideró que el comportamiento de los componentes N2 y N4 de los ERP sería predictor del nivel de grasa visceral, en donde la amplitud de estos componentes se comportase en un sentido inversamente proporcional respecto del valor de la variable dependiente y, respecto a la latencia sería una relación directamente proporcional. En la Tabla 9.19 se presentan los resultados de dicho análisis, empleando el modelo GLMM. Sin embargo, no se observó relación estadísticamente significativa entre las variables derivadas de los ERP y el nivel de grasa visceral.

**Tabla 9.19.**

*Resultados del análisis GLMM para distribución de Poisson (Componentes de los ERP y nivel de grasa visceral).*

Parámetro	B	Error estándar	95% de intervalo de confianza de Wald		Contraste de hipótesis		
			Inferior	Superior	Chi-cuadrado de Wald	gl	Sig
(Intersección)	2.11	.857	.427	3.78	6.04	1	.01
FzN2Am	-.019	.014	-.047	.010	1.64	1	.20
FzN2Lt	-.002	.002	-.006	.002	1.07	1	.30
FzN4Lm	.001	.001	-.001	.004	1.33	1	.25
FzN4At	.014	.012	-.039	.010	1.35	1	.25

*Notas:* Variable dependiente = Nivel de grasa visceral, \* p<.05, Lt= latencia, Am = amplitud.

A manera de resumen, en la Tabla 9.20 se presentan las hipótesis que fueron aceptadas y rechazadas a partir de los objetivos 1 y 2.

**Tabla 9.20.**

*Síntesis de las hipótesis aceptadas y rechazadas relacionadas con los objetivos 1 y 2.*

<b>Objetivo</b>	<b>Variable X</b>	<b>Hipótesis de relación</b>	<b>Variable Y</b>	
1.1	Efectividad en el desempeño de las pruebas de Stroop	(+)	Elección saludable de alimentos	Aceptada
1.2	ATL	(+)		Rechazada
1.3	Efectividad en el desempeño en la prueba de Stroop	(+)	Cantidad de sueño promedio por día	Aceptada
1.4	Efectividad en el desempeño en la prueba de ATL	(+)	Cantidad de pasos diarios	Rechazada (dirección de relación opuesta)
1.5	<i>Ídem</i>	(+)	Cantidad de sueño promedio por día	Rechazada
1.6	Efectividad en el desempeño en la prueba BART	(+)	Eventos mensuales reportados de consumo de alcohol excesivo	Rechazada
2.1	Efectividad en el desempeño de la prueba de Stroop	(-)	Grasa visceral	Aceptada
2.2	ATL	(-)		Aceptada

*Notas:* El desempeño de la prueba de Stroop está determinada por el porcentaje de errores y tiempo de reacción en función del estímulo incongruente. El desempeño de la prueba de ATL está determinado por el tiempo de planeación (PLT), niveles alcanzados con el mínimo de movimientos (LAAM) y Número de Transgresiones, el desempeño de la prueba BART con base en el coeficiente de variabilidad con respecto de las condiciones de bajo y alto riesgo y la cantidad de dinero total generado en la prueba. La elección de alimentos saludable se considera la tendencia en el participante a menor consumo reportado en la cantidad de porciones de grasas saturadas y azúcares procesados y mayor de porciones de vegetales en función a la muestra. H= hipótesis.

En la Tabla 12.16 se presentan las hipótesis aceptadas y rechazadas para los objetivos 3, 4 y 5.

**Tabla 9.21.**

*Síntesis de las hipótesis aceptadas y rechazadas (objetivos 3 – 5).*

<b>Objetivo</b>	<b>Variable X</b>	<b>Hipótesis de relación</b>	<b>Variable Y</b>	
3.1	Proporción Theta/Beta en derivaciones frontales	(-)	Efectividad en el desempeño en las pruebas de Stroop, ATL y BART	Aceptada
3.2	Coherencia interhemisférica entre derivaciones anteriores	(-)	Efectividad en el desempeño en las pruebas de Stroop, ATL y BART	Rechazada
3.3	Amplitud / Latencia (componentes N2 y N4 de los ERP)	(+) / (-)	Efectividad en el desempeño en la prueba de Stroop	Rechazada
4.1	Amplitud / Latencia (componentes N2 y N4 de los ERP)	(+) / (-)	Elección saludable de alimentos	Aceptada
5.1	Proporción Theta/Beta en derivaciones frontales	(+)		Rechazada
5.2	Coherencia interhemisférica entre derivaciones anteriores	(-)	Grasa visceral	Rechazada
5.3	Amplitud / Latencia (componentes N2 y N4 de los ERP)	(+) / (-)		Rechazada

*Notas:* El desempeño de la prueba de Stroop está determinada por el porcentaje de errores y tiempo de reacción en función del estímulo incongruente. El desempeño de la prueba de ATL está determinado por el tiempo de planeación (PLT), niveles alcanzados con el mínimo de movimientos (LAAM) y Número de Transgresiones, el desempeño de la prueba BART con base en el coeficiente de variabilidad y la cantidad de dinero total generado en la prueba. La elección de alimentos saludable = a menor consumo reportado en la cantidad de porciones de grasas saturadas y azúcares procesados y mayor de porciones de vegetales.

En resumen, los resultados de esta Fase 2 del estudio indican que un mejor desempeño en la prueba Stroop (control ejecutivo), se relaciona con elecciones más saludables de alimentos, mayor tiempo de sueño nocturno y menores niveles de grasa visceral. Por otro lado, el desempeño en la prueba de ATL (planeación), se asoció de manera inversamente proporcional con la cantidad de pasos diarios y el nivel de grasa visceral. En el análisis neurofisiológico, se identificó que la proporción theta/beta se relaciona con una mayor variabilidad en la ejecución de BART (tendencia al riesgo), además de que se identificó una relación directamente proporcional y significativa entre el componente N4 (ERP) y la alimentación, en donde una mayor amplitud y

menor latencia de este componente fueron predictoras de una elección más saludable de alimentos.

## Discusión Fase 2

En la presente discusión, se enuncia el objetivo general, seguido de una síntesis de los procedimientos implementados para alcanzar dicho objetivo, así como los principales hallazgos que son examinados en relación con los cinco objetivos específicos.

El objetivo general de la investigación fue analizar la relación predictiva entre las EF y el funcionamiento electrofisiológico los lóbulos frontales en relación con los hábitos y medidas de salud de personas de mediana edad, y de forma adicional la evaluar la interrelación entre dichos predictores. Esto derivado de que, aunque en estudios previos (e.g. Favieri et al., 2019; Sellaro y Colzato, 2017; Yang et al., 2018) se ha explorado la relación de la salud con las EF, los resultados distan de ser concluyentes.

Primeramente, la investigación incluyó dos fases de evaluación, precedidas por una fase de pilotaje de las pruebas, que validó la sensibilidad de los parámetros de estas. La primera fase que incluyó la evaluación de EF, medidas y hábitos relacionados con la salud, tuvo como objetivo ajustar la metodología para la Fase 2, y sus resultados principales fueron la identificación de relaciones predictivas entre las funciones ejecutivas de planeación y respuesta ante riesgo y los indicadores de salud. Entre estos indicadores, la elección de alimentos resultó ser uno de los más relevantes. Sin embargo, no se hallaron resultados significativos asociados con el control ejecutivo, ni con la flexibilidad cognitiva. A pesar de no obtener hallazgos significativos directamente relacionados con el control ejecutivo, los antecedentes teóricos (e.g., Yang et al., 2018) justificaron la conservación de esta variable a través de la prueba de Stroop para la Fase 2, optando por descartar únicamente la prueba de flexibilidad cognitiva. En esta primera fase, resaltó la homogeneidad de la muestra en cuanto a BMI y escolaridad, de tal

manera que en la selección subsecuente se consideró introducir mayor variabilidad de estos factores en la muestra seleccionada.

A partir de lo anterior, un ajuste clave en la Fase 2 fue la segmentación de la muestra a partir del BMI, escolaridad y género asignado. Se incorporó la evaluación de variables neurofisiológicas (potencia y coherencia frontal del EEG en reposo y potenciales relacionados con eventos). Los resultados principales mostraron una relación directamente proporcional de los resultados en la prueba Stroop (que evaluó el control ejecutivo) con elecciones alimenticias saludables y cantidad de sueño, por otra parte, se encontró una relación inversamente proporcional respecto del nivel de grasa visceral. Además, el rendimiento en la prueba ATL (que evaluó la función ejecutiva de planeación) se relacionó de forma inversamente proporcional con la cantidad de pasos diarios y directamente con el nivel de grasa visceral.

Los análisis neurofisiológicos mostraron relaciones estadísticamente significativas entre la proporción theta/beta de los registros electrofisiológicos en reposo del área frontal (Fp1, Fp2 y Fz) y la variabilidad en la ejecución de la Prueba BART (cuya función fue evaluar la respuesta ejecutiva a de riesgo). También hubo relaciones estadísticamente significativas entre el componente N4 (obtenido durante la ejecución de la prueba de Stroop) de los ERP en la derivación Fz (la selección final de la derivación se detalla en la sección de resultados) y la tendencia a elegir alimentos saludables (mayor cantidad de vegetales y menor de grasas saturadas y azúcares procesados).

A continuación, se discuten estos resultados con base en los objetivos específicos planteados.

***Primer Objetivo: Relación Predictiva entre el Desempeño de las EF y Conductas Relacionadas con la Salud***

El primer objetivo se fue analizar la relación predictiva entre las EF (control ejecutivo, planeación y respuesta a condiciones de riesgo) y comportamientos asociados a la salud (la elección de alimentos, el consumo de alcohol, actividad física y cantidad de sueño).

Se planteó como primera hipótesis que la eficacia en el desempeño en la prueba de Stroop sería predictora de una elección de alimentos más saludable. Los resultados mostraron que un mejor desempeño en la prueba de Stroop se asoció significativamente con un menor consumo de grasas y azúcares.

La confirmación de esta hipótesis concuerda con estudios anteriores (e.g. Byrne, 2020). En este sentido, el Control Ejecutivo está involucrado en la capacidad del individuo para inhibir o posponer la ingesta de alimentos altamente palatables que suelen ser ricos en calorías, como aquellos con alto contenido de azúcares y grasas. Allom y Mullan (2014) respaldan este hallazgo, ya que identificaron una relación inversamente proporcional entre el desempeño en la prueba de Stroop y el consumo de grasas saturadas. Resultados similares se han obtenido utilizando pruebas de tipo *Go-No Go* (Bejaro, 2021) que se asocian con la capacidad inhibitoria de los participantes y variables neurofisiológicas (ERP) asociadas con la función mencionada (Hofmann et al., 2014).

Por otro lado, nuestra tercera hipótesis de este objetivo postulaba que la eficacia en el desempeño de la prueba de Stroop predeciría la cantidad de sueño por día. Los resultados confirmaron esta hipótesis, mostrando que un mayor porcentaje de errores en la prueba de Stroop se asoció significativamente con una menor cantidad de sueño nocturno.

Esta investigación identificó una relación lineal que respaldó la hipótesis, estableciendo una relación directamente proporcional entre el rendimiento en Control Ejecutivo y el promedio de horas de sueño por día. Sin embargo, existen estudios con resultados distintos. Un metaanálisis no encontró alteraciones en el control inhibitorio en participantes con insomnio crónico (Ballesio et al., 2019). En la misma línea, Cain et al. (2011) no encontraron diferencias en el porcentaje de errores en la prueba de Stroop como resultado de la privación aguda de sueño, sólo un pequeño efecto en el tiempo de reacción.

Considerando las diferencias poblacionales entre nuestro estudio, que involucró a participantes sin un diagnóstico de trastornos del sueño al momento de la evaluación, y los estudios previos, que no identifican un efecto incluyeron a participantes con un diagnóstico de insomnio crónico, se podría inferir una relación de mediación entre variables en donde el control ejecutivo estaría influyendo en los hábitos de sueño en el caso de nuestros participantes y no a la inversa.

El Control Ejecutivo, que no solo implica la capacidad de inhibición, sino también el monitoreo y resolución de conflictos, tiene un papel crucial en la gestión de recursos personales (Ye y Zhou, 2009). En esta línea, la asociación directa identificada en este estudio entre el desempeño en la prueba de Stroop y el tiempo de sueño nocturno puede reflejar dificultades en la capacidad de inhibición y la gestión de recursos personales de los participantes, resultando en hábitos de sueño no saludables. Esto puede manifestarse como inestabilidad en el horario de sueño (Brown et al., 2002), uso intensivo de redes sociales (Exelmans y Scott, 2019), hábitos alimenticios inadecuados (Faris et al., 2022), y sedentarismo (Gothe et al., 2019). Este supuesto se apoya en la idea de que los hábitos de salud parecen estar fuertemente influenciados por las

habilidades conductuales asociadas al control ejecutivo (e.g. Allom, 2015; Gómez-Pérez et al., 2003). Además, existen evidencias que vinculan directamente la calidad del sueño con los hábitos de autocuidado de la salud en adultos (Lee Tracy et al., 2019), siendo de alguna manera, parte de éstos.

Por otro lado, nuestra segunda hipótesis para el primer objetivo, que proponía una relación predictiva directamente proporcional entre el desempeño en la prueba ATL y la elección de alimentos saludables, no mostró resultados significativos. Este resultado sugiere que la elección de alimentos parece estar más directamente relacionada con los factores comprendidos en el Control Ejecutivo que con aquellos vinculados con la capacidad de Planeación (ver Vincent y Hall, 2015; Yang et al., 2018). En otras palabras, aunque la capacidad de planeación puede desempeñar un papel en la toma de decisiones relacionadas con la alimentación, nuestros resultados sugieren que la capacidad de controlar respuestas automáticas, un componente central del Control Ejecutivo (ver Miyake y Friedman, 2012), puede ser más determinante en la elección de alimentos saludables.

A pesar de los antecedentes, que identifican una relación significativa entre la capacidad de Planeación y la elección o preferencias alimenticias, estos provienen de muestras distintas a la utilizada en el presente estudio, como menores de edad (e.g. Limbers et al., 2018) o pacientes con obesidad (Wyckoff et al., 2017). Así, las inconsistencias entre los antecedentes y los hallazgos de nuestra investigación pueden deberse a factores moderadores específicos a la muestra utilizada, como la variable edad o condiciones patológicas, contextos socioculturales distintos al de los participantes, así como la escolaridad.

La cuarta hipótesis vinculada con este objetivo sugería que la eficacia en el desempeño en la prueba de ATL sería predictora de la cantidad de pasos diarios (e.g. Barz et al., 2015; Yang et al., 2018). Sin embargo, los resultados indicaron una relación inversa y significativa. Con el objetivo de clarificar ese hallazgo inesperado, se realizó una comparativa entre el rango de escolaridad como posible variable moduladora de la cantidad de pasos (ver Kivipelto et al., 2018), para lo anterior se realizaron comparaciones múltiples entre los tres rangos escolares por medio la prueba de Kruskal-Wallis, lo que reveló diferencias significativas en función de la escolaridad ( $H(2)=6.11, p<.05$ ). Por su parte el análisis Post Hoc (Dunn) mostró diferencias honestamente significativas entre el rango de menor escolaridad y el de mayor escolaridad ( $p<.05$ ), siendo el último quien realizó menos pasos por día, lo que sugiere que la mayor escolaridad demanda conductualmente una atención que es incompatible con la actividad física. De la misma manera, se realizaron comparaciones múltiples para las variables de desempeño de la prueba ATL en función de la escolaridad, lo que mostró diferencias entre el tiempo de planeación como efecto de la escolaridad ( $H(2)=11.48, p<.01$ ). El análisis Post Hoc reveló que el segmento de alta escolaridad dedicó más tiempo a planear que el segmento de baja escolaridad. Por otra parte, los Niveles Alcanzados con el Mínimo de Movimientos también presentaron diferencias significativas en función de la escolaridad ( $H(2)=7.95, p<.05$ ), siendo el segmento de baja escolaridad quien de acuerdo con el análisis Post Hoc presentó menor número de niveles alcanzados ( $p<.05$ ), en contraste con los otros dos segmentos). No se identificaron diferencias significativas para el Total de Transgresiones ( $H(2)=1.43, p=.49$ ).

Estudios anteriores, como el de Kivipelto et al. (2018), han identificado una relación en la que la escolaridad actúa como una variable protectora de la dimensión neurocognitiva. Estos

hallazgos son consistentes con una serie de investigaciones en las que la educación se asocia con un mayor nivel de recursos cognitivos y actúa como un factor protector contra su deterioro en la vejez (e.g. Barba-Gallardo, 2021; González Martín et al., 2018). Este patrón se ha observado incluso en condiciones de enfermedad crónica degenerativa, como el VIH (Kabuba, 2018).

De tal manera, que la inclusión del factor escolaridad en nuestro análisis, que identifica una relación inversamente proporcional entre la capacidad de Planeación (ejecución en la prueba ATL) y la actividad física (registrada mediante número de pasos al día), y aunque nuestra metodología no nos permite establecer una relación causal entre la escolaridad y la capacidad de Planeación, sugiere una incompatibilidad entre las obligaciones laborales asociadas con la escolaridad y la cantidad de pasos realizados al día. Los antecedentes en México sugieren una asociación entre el nivel de escolaridad y trabajos que requieren un tipo de atención que parece ser incompatible con caminar. Pérez-Hernández et al., (2021) identificaron, al examinar una amplia muestra de mexicanos (n=48,405,716) tomada de una base de datos gubernamental (Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones [SINCO]), una relación entre el tipo de trabajo y el sedentarismo. Los autores observaron que los trabajos que requerían un alto nivel de escolaridad se asociaban con una menor actividad física. De acuerdo con Pérez-Hernández et al., (2021) este fenómeno pudiera explicarse porque los trabajos que suelen requerir un alto nivel de escolaridad suelen desempeñarse en oficinas, a diferencia de otros trabajos que no requieren la preparación escolar, que en sí mismos implican actividad física.

Es importante tener en cuenta que la edad de nuestros participantes implica compromisos laborales, lo que significa que una gran parte del día se dedica a estas actividades. Este hecho es especialmente relevante en México, que según los datos de la OCDE (2023) es el país miembro

con más horas trabajadas en promedio por año (2137). Por lo tanto, nuestros hallazgos no deben interpretarse como una relación inversamente proporcional de naturaleza intrínseca entre las variables de planeación y actividad física, sino que deben considerarse en el contexto de estas circunstancias particulares.

La quinta hipótesis derivada de este objetivo indicó que la eficacia en el desempeño en la prueba de ATL sería predictora de la cantidad de sueño nocturno promedio por día. Sin embargo, no se identificó una relación significativa entre estas variables. Los antecedentes reportan una correlación entre el sueño y las funciones cognitivas (Bastien et al., 2003). No obstante, esta relación es reportada en muestras de participantes con edades mayores a la muestra utilizada en este estudio ( $> 55$ ) e incluyen participantes con diagnósticos de insomnio que difieren con la edad de los participantes del presente estudio en el que no se espera deterioro patológico de la calidad de sueño o funciones cognitivas.

La sexta y última hipótesis del primer objetivo proponía que la eficacia en la ejecución de la prueba BART sería un predictor de los episodios mensuales de consumo excesivo de alcohol. Sin embargo, los resultados no mostraron relaciones significativas entre estas variables. En una revisión sistemática realizada por Canning et al. (2021), en la que se exploró la relación entre el desempeño en la prueba BART y el consumo de alcohol, solo 24 de los 69 estudios revisados reportaron una relación significativa entre ambas variables.

Canning et al. (2021) atribuyeron la variabilidad en los hallazgos entre los estudios a los efectos de varios factores moderadores, como los factores demográficos y la salud mental. En nuestra investigación, el hallazgo con el mayor tamaño de efecto (mediano, ver Apéndice K) se produjo durante la validación de pruebas cognitivas en los participantes más jóvenes, según la

literatura (Blair et al., 2018; Lejuez et al., 2002), la prueba BART predice el consumo de alcohol en los participantes más jóvenes, que también es asociado a un pico en este consumo. Sin embargo, Canning et al. (2021) cuestionan esta relación, debido a la inconsistencia en la literatura sobre la relación entre la prueba BART y el consumo de alcohol en general, incluyendo la adolescencia.

Por lo tanto, consideramos que se debe reevaluar la pertinencia de la prueba BART para predecir el consumo excesivo de alcohol en adultos sin una condición patológica. Es importante considerar las críticas realizadas por De Groot y Thurik (2018) a la prueba BART, los autores argumentan que ésta debe ser clasificada como una medida de respuesta ante la incertidumbre y no riesgo debido a que esta tarea no permite al participante saber con antelación de las probabilidades de cada tipo de contingencia a afrontar, condición que es necesaria para asumir una condición de riesgo.

***Segundo objetivo: Relación predictiva entre el desempeño de las funciones ejecutivas y el nivel de grasa visceral.***

El segundo objetivo fue analizar la relación predictiva entre el desempeño relacionado con las EF (control ejecutivo, la planeación y la toma de riesgos) y el nivel de grasa visceral (VFL).

Uno de los supuestos que dio soporte a nuestras hipótesis implicó considerar que las variables de desempeño conductual como variables de proceso serían predictoras de variables de resultado, como lo son las medidas antropométricas. Por consiguiente, en esta fase del estudio se tomó como variable antropométrica dependiente el VFL.

Nuestra primera hipótesis para este objetivo sugería que una mayor eficacia en el desempeño de la prueba de Stroop (Control Ejecutivo) predeciría inversamente el VFL. Esta hipótesis fue confirmada al identificar una relación significativa en la que particularmente un mayor porcentaje de errores en la prueba de Stroop se relacionó con un mayor VFL.

Estos resultados son compatibles con los antecedentes y permiten identificar una conexión entre el Control Ejecutivo y el estado de salud (e.g., Allom y Mullan, 2014; Deng et al., 2017). La obesidad y el sobrepeso están fuertemente ligados al estilo de vida de las personas (Organización Mundial de la Salud, 2016), y dependen en gran medida de hábitos que parecen estar mediados por capacidades conductuales asociadas al Control Ejecutivo (e.g., Allom, 2015; Gómez-Pérez et al., 2003).

Según Daly et al. (2015), las EF tienen una influencia importante en la capacidad de las personas para realizar esfuerzos que les permitan superar costos a corto plazo en favor de los beneficios a largo plazo (e.g., actividad física programada o incluso caminar hasta una tienda cercana en lugar de tomar el automóvil, resistir la tentación de un helado o una rebanada de pastel, etc.).

Los hallazgos del presente estudio indican que la capacidad de los participantes para inhibir la interferencia (derivada de la incongruencia entre el color del estímulo y el significado de la palabra del estímulo) refleja también su capacidad para inhibir en otras situaciones (es decir, la comida altamente calórica o posiblemente el desagrado hacia la actividad física), afectando el estilo de afrontamiento de los participantes frente a las condiciones de costo/beneficio en las que la elección de la persona se basa en contingencias inmediatas y no en contingencias demoradas. Por lo tanto, el VFL en personas con obesidad o sobrepeso puede ser

visto como el reflejo histórico del resultado de una tendencia particular en la conducta de elección del individuo, mediada por su capacidad de inhibir, en la que se ha favorecido la ingesta de alimentos calóricos altamente palatables como lo muestran los antecedentes (Bartholdy et al., 2016; Carbine et al., 2017), y como lo sugieren algunas investigaciones (Cheval et al., 2018; Cheval et al., 2020) la evitación de experiencias aversivas inmediatas con efectos positivos a largo plazo, como podría ser el caso de la actividad física que se contrapone con actividades sedentarias, las cuales se han identificado como reforzantes para algunas personas. En resumen, nuestros hallazgos sugieren que la capacidad para inhibir la interferencia, podría ser un mediador de la respuesta de una persona ante la contingencia inmediata frente a la contingencia demorada.

Por otro lado, la segunda hipótesis, relacionada con el segundo objetivo específico de este estudio, propuso que el desempeño en la prueba de ATL (EF de planeación) sería un predictor inversamente proporcional del VFL. Esta hipótesis fue confirmada. Sin embargo, son pocos los estudios anteriores que han evaluado la relación entre la EF de planeación y la grasa visceral, o factores relacionados, como la obesidad.

Al respecto, Yang et al. (2018) llevaron a cabo un metaanálisis con el objetivo principal de comparar las EF entre personas con obesidad y personas sanas. No encontraron diferencias significativas en la capacidad de Planeación, pero aclararon que sus resultados son poco concluyentes debido a la limitada muestra (sólo 6 de 72 estudios que incluyeron la variable de Planeación).

A pesar de que en el presente estudio los resultados son consistentes con esta hipótesis, la única variable que presenta un resultado significativo es la cantidad de transgresiones a las

reglas de la prueba de ATL. Como se puede observar en la Figura 2.1 del Capítulo 2 de este escrito, la capacidad de planeación está influenciada de manera robusta por otras EF, en particular, la memoria de trabajo (ver Baddeley, 2012; Cristofori et al., 2019; Diamond, 2013).

Los antecedentes (ver Baddeley, 2012; Gilhooly y Wynn, 2003; Phillips et al., 1999; Phillips et al., 2021) muestran una relación significativa entre el desempeño vinculado con la memoria de trabajo y el desempeño en la prueba de ATL. En esta prueba, la memoria de trabajo es requerida para el mantenimiento y la manipulación cognitiva necesarios en la ejecución de un plan.

Dado que la configuración de la prueba utilizada implica que la torre central de la tarea presenta reglas distintas a las otras torres, esto conlleva el mantenimiento cognitivo de una cantidad considerable de información relacionada con la tarea. Así, la naturaleza del error de transgresión en ATL radica en la realización de movimientos innecesarios, generados por un escaso apego a las reglas correspondientes (en este caso, tres reglas adicionales, específicas al poste de en medio), y, por lo tanto, parece estar justamente vinculada con la capacidad de memoria de trabajo (ver Phillips et al, 2021; Wyckoff et al, 2017).

Por otra parte, la memoria de trabajo ha mostrado diferencias significativas entre participantes sin obesidad y aquellos con obesidad, que son relativamente consistentes entre varios estudios (ver Yang et al., 2018).

A pesar de que esta investigación se centró en identificar la capacidad predictiva de las EF con respecto a las variables asociadas con la salud, como el VFL, se debe considerar la relación recíproca entre las variables, dado que algunos antecedentes indican una relación de coafectación negativa entre el nivel de grasa visceral y las funciones ejecutivas (e.g. Carbine et

al., 2017). En este sentido, investigaciones recientes sugieren que la obesidad, identificada a través del BMI, es un factor causal de impedimentos o deterioros en la memoria de trabajo, algo derivado de procesos inflamatorios (Yang et al., 2020). Los autores de esta investigación, a pesar de declarar que aún no pueden determinar específicamente los mecanismos fisiológicos que resultan en el deterioro cognitivo identificado, discuten la posibilidad de que dicho deterioro pueda ser consecuencia de respuestas hormonales, como incrementos significativos de citocinas y cortisol, que provoquen un deterioro funcional o incluso estructural de las regiones prefrontal e hipocampal del cerebro. Al respecto, Arnoriaga-Rodríguez et al. (2020) han identificado una relación significativa entre el deterioro del microbiota intestinal en condiciones de obesidad y el deterioro de la memoria de trabajo en modelos animales. De tal forma que, la obesidad podría actuar como un factor mediador en los procesos inflamatorios y el deterioro de la memoria de trabajo.

Aunque los hallazgos reportados por Yang et al. (2020) son coherentes con los identificados en la presente investigación, estos autores evalúan la obesidad a partir del BMI. Sin embargo, otras medidas, como el VFL (utilizada en el presente estudio), han demostrado tener una mayor sensibilidad a la identificación de relaciones patológicas derivadas de la composición corporal (Raine, 2016), incluyendo afectaciones neurocognitivas (Kaur et al., 2017).

En síntesis, a pesar de que el presente estudio incluyó a pocos participantes que por su BMI podrían ser identificados con obesidad, los resultados mostraron una relación entre variables que sugiere que los detrimentos en la memoria de trabajo, identificados mediante la ejecución de la prueba ATL, derivan del nivel de grasa visceral.

Una explicación alternativa sugiere que la cantidad de transgresiones podría reflejar un deficiente EC, en particular, una merma en la capacidad inhibitoria o partiendo del modelo de Baddeley (1992; 2012) el ejecutivo central, que de acuerdo con este autor funciona como un sistema de control y coordinación. Es responsable de dirigir la atención, integrar la información de diferentes fuentes. Esta deficiencia dificultaría la supresión o gestión de respuestas automáticas que no se alinean con las instrucciones dadas en la tarea utilizada. Es relevante señalar que en la versión específica de la Torre de Londres que se utilizó en nuestro estudio (ATL), las reglas aplicables a la torre central son más complejas que las de las torres externas. Además, la proporción entre postes con reglas simples y el poste con reglas complejas (2/1) sugiere una mayor probabilidad de que las respuestas se automaticen y, consecuentemente, requieran una activa inhibición cuando se interacciona con la torre central. Cabe mencionar que, debido a la naturaleza de esta prueba, las transgresiones surgen casi exclusivamente de la interacción con dicha torre central (véase Apéndice K).

En apoyo a esta explicación, Tyburski et al. (2021) han hallado una correlación significativa entre la capacidad inhibitoria y la efectividad en la planificación, evaluada con la Torre de Londres. Asimismo, Wyckoff et al. (2017) reportaron una asociación modesta entre la capacidad inhibitoria evaluada con la prueba de Stroop y las transgresiones en la ejecución de la prueba de planeación, además reportan que estas variables son predictoras de la conducta alimentaria saludable.

***Tercer Objetivo: Analizar la Relación Predictiva entre la Actividad Electrofisiológica de los Lóbulos Frontales y el Desempeño en las EF***

El tercer objetivo de este estudio fue analizar la relación predictiva entre la actividad electrofisiológica de los lóbulos frontales (proporción Theta/Beta, coherencia, componentes N2 y N4 de los ERP) y el desempeño en las EF.

Con respecto de la primera hipótesis derivada de este objetivo, que esperaba una relación inversamente proporcional entre la proporción Theta/Beta (frontal) y el desempeño en las tareas utilizadas para evaluar las EF. Los resultados mostraron una relación inversamente proporcional significativa entre los valores de la proporción Theta/Beta y el desempeño en la prueba BART. El incremento en la proporción Theta/Beta se considera un indicador psicofisiológico de la reducción de recursos en la zona evaluada (ver van Son et al., 2019), lo que se relacionó con el rendimiento en la tarea de BART. Específicamente, esta relación se observó con la medida del coeficiente de variabilidad de respuesta de los participantes en la tarea (COV) que refleja la consistencia de la respuesta en condiciones de riesgo (ver Blair et al., 2018)..

Se ha reportado que la proporción Theta/Beta en regiones frontales se asocia negativamente con la conectividad de la red de control ejecutivo, evaluada a partir de resonancia magnética funcional, lo que implica una relación inversamente proporcional con la disponibilidad de recursos en esta red para realizar sus funciones (van Son et al., 2019). Esto se correlaciona con una disminución en la eficacia en el rendimiento de tareas de atención y riesgo/incertidumbre (Chen y Wallraven, 2017). Además, la proporción Theta/Beta se ha vinculado con una tendencia a la respuesta inmediata orientada a la recompensa y la falta de adaptación al castigo diferido (Schutte et al., 2017).

Según varios autores (Blair et al., 2018; Weber et al., 2004), se ha descubierto que el COV es más sensible que otras medidas derivadas de BART para detectar diferencias individuales, tanto en modelos humanos como animales (ver Shafir et al., 1999). Estos hallazgos podrían explicar porque la proporción Theta/Beta en este estudio solo demostró relaciones significativas con el COV y no con el dinero acumulado durante la tarea.

De acuerdo con los antecedentes (Halawa et al., 2017), las variaciones en la actividad electrofisiológica de los lóbulos frontales (diversas derivaciones correspondientes a las regiones fronto-lateral de ambos hemisferios, y frontal línea media) están vinculadas con variaciones en la respuesta funcional ante tareas de atención y supresión de respuestas. Aunado a lo anterior, la proporción Theta/Beta frontal, particularmente en la línea media (Fz, FCz y Cz) se ha asociado inversamente con el ajuste funcional en la respuesta a la recompensa y el castigo (Massar et al., 2012; Schutte et al., 2017), lo cual ha llevado a considerarla como un marcador del control ejecutivo (van Son et al., 2018).

La idea anterior también es respaldada con lo reportado por Black et al. (2014), quienes identificaron diferencias electrofisiológicas en la región frontal (asimetría frontal) asociadas con una respuesta más arriesgada. Además, Chen y Wallraven (2017) encontraron un aumento en las bandas de delta y theta en regiones centrales durante la realización de la prueba BART en aquellos participantes que evitaban riesgos. Por otra parte, la proporción Theta/Beta incrementada en regiones centro-frontales registrada en reposo se correlaciona con la propensión a tomar decisiones más arriesgadas y menos adaptativas en la prueba de cartas de Iowa (Massar et al., 2014; Schutte et al., 2017).

Estos hallazgos, en su conjunto, refuerzan la idea de que la actividad electrofisiológica del lóbulo frontal, específicamente la proporción Theta/Beta, puede servir como un indicador del rendimiento en tareas que requieren EC, toma de decisiones y ajuste de comportamientos en condiciones donde se combine recompensa y el castigo.

La primera hipótesis del tercer objetivo esperaba una relación inversamente proporcional entre la proporción Theta/Beta (frontal) y el desempeño en las tareas utilizadas para evaluar las EF, sin embargo, esta hipótesis se aceptó únicamente para la prueba de BART, pero no para las pruebas de Stroop o ATL.

A pesar de las evidencias previas que asociaban la proporción Theta/Beta con el control ejecutivo de forma negativa (van Son et al., 2018), nuestro estudio no pudo establecer una conexión significativa entre esta medida y el desempeño en la prueba de Stroop (como referente de esta EF). Cabe resaltar que la mayoría de los estudios que analizan esta relación se han llevado a cabo en poblaciones con diagnósticos psiquiátricos específicos, como el Trastorno por Déficit de Atención/ Hiperactividad (ver Arns et al., 2013; Chiu et al., 2022), o bajo condiciones particulares, como la influencia de la cafeína (van Son et al., 2018).

Por otra parte, la relación entre la proporción Theta/Beta y la función ejecutiva puede ser más clara en el contexto de realización de tareas y no en reposo relativo como en el caso de la presente investigación. Por ejemplo, van Son et al. (2019) identificaron una relación inversa entre la proporción Theta/Beta y la conectividad funcional de la red de control ejecutivo durante una tarea de control ejecutivo (conteo de respiraciones), sugiriendo una disminución en el rendimiento asociado a esta función. De hecho, en el contexto de la tarea BART utilizada en nuestro estudio, parece que la proporción Theta/Beta en reposo puede actuar como un

modulador de la eficacia en la respuesta posterior, reflejando así la relación psicofisiológica entre el control ejecutivo y la toma de decisiones (Kessler et al., 2017).

Es importante también considerar que la proporción Theta/Beta ha demostrado estar asociada con otras funciones cognitivas, como el procesamiento cognitivo (Picken et al., 2020), el control atencional (evaluado a partir de escalas de autorreporte en pacientes con ansiedad) (Angelidis et al., 2016), y la respuesta ante situaciones percibidas como riesgosas (Massar et al., 2012; Schutte et al., 2017).

Por otra parte, la falta de relación entre la proporción Theta/Beta y ATL (EF de planeación) puede deberse en parte a la falta de especificidad funcional entre esta tarea, asumiendo que la EF de Planeación en realidad es un compuesto complejo de otras funciones más específicas. Por ejemplo, el modelo de Miyake y Friedman (2012) plantea tres componentes principales en las funciones ejecutivas: Actualización/Memoria de trabajo, Cambio/Flexibilidad cognitiva e Inhibición. Por lo que estos autores declaran que: “una función ejecutiva comúnmente postulada, la planeación, es un constructo más complejo y de nivel superior que los que estudiamos y probablemente involucra las tres funciones ejecutivas...” (traducido del inglés, p. 14).

De manera adicional, si bien, el uso de técnicas para modificar la actividad eléctrica cerebral (como la neuroretroalimentación), particularmente la proporción Theta/Beta muestran efectos en EF en general, incluyendo la capacidad de planeación (e.g. Moin et al., 2018), son pocos los antecedentes que exploran la relación directa entre este biomarcador con esta EF, identificando que solamente la actividad Theta aislada presenta una asociación inversamente proporcional con la planeación y no la proporción Theta/Beta (ver Zhang et al., 2019).

La segunda hipótesis derivada de este objetivo suponía una asociación directamente proporcional entre la coherencia interhemisférica de las derivaciones anteriores (banda de beta) y el desempeño en tres pruebas de ejecución: Stroop, ATL y BART. No obstante, los resultados que obtuvimos no respaldaron esta hipótesis. Según Tabiee et al. (2023), el estudio de la relación entre la coherencia frontal en el EEG y las funciones ejecutivas está aún en sus primeras etapas. Aunque estos autores encontraron alteraciones en esta medida en pacientes con Trastorno por Déficit de Atención / Hiperactividad (ADHD por sus siglas en inglés) y otros trastornos comórbidos, estos resultados no necesariamente se aplican a poblaciones generales.

En una dirección opuesta a la hipótesis planteada en la presente investigación, Basharpoora et al. (2021) identificaron una relación inversamente proporcional entre el rendimiento en las funciones ejecutivas y la coherencia frontal interhemisférica en la banda de beta. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos investigadores evaluaron las funciones ejecutivas utilizando instrumentos de autoinforme, en lugar de pruebas de ejecución que son ampliamente preferidas en la investigación debido a su menor sesgo y a la directa correspondencia neurobiológica (ver Bilder y Reise, 2019; Morra et al., 2018; Yang et al., 2018). Además, la muestra de Basharpoora et al. (2021) fue de menor edad promedio (25.44 años, DE: 4.52) en comparación con la utilizada en presente investigación, lo que nos lleva a interpretar sus hallazgos con cautela.

En resumen, el panorama actual en cuanto a la relación entre estas variables aún no es definitivo. Nuestros hallazgos aportan evidencia preliminar indicando la ausencia de una relación lineal entre la coherencia frontal (en la banda de beta) en condiciones de reposo (OC) y las funciones ejecutivas en individuos sanos.

Nuestra tercera hipótesis, asociada con este objetivo (tercer objetivo), señaló relaciones específicas entre los componentes N2 y N4 de los ERP obtenidos durante la ejecución de la prueba de Stroop. Esta respuesta se evalúa promediando segmentos pequeños del EEG (de aproximadamente 1 segundo) que corresponden temporalmente con la presentación de un estímulo o respuesta a una tarea, este cálculo permite observar respuestas neurales específicas a la condición (e.g. Demiral et al., 2016; Kóbor et al., 2015). Sin embargo, al respecto ninguna de las hipótesis vinculadas con este objetivo fue aceptada.

En primera instancia, el protocolo utilizado con de la tarea de Stroop generó los componentes N2 y N4 esperados en los potenciales evocados, tal como se muestra en la Figura 10.2), lo cual es coherente con los estudios previos (e.g. Wang et al., 2021), sin embargo, se esperaba una asociación directamente proporcional con la amplitud de estos componentes e inversamente proporcional con la latencia respecto de la efectividad en la ejecución de las tareas, y los resultados no muestran el efecto esperado de forma estadísticamente significativa.

Por otra parte, tampoco se identificaron diferencias significativas entre los componentes generados por estímulos congruentes e incongruentes, lo cual es atípico. Este hallazgo es notable y refuerza la necesidad de considerar la influencia de la metodología en los resultados experimentales.

La literatura existente, como se puede observar en la amplia revisión realizada por Heidlmayr et al. (2020), a menudo utiliza una proporción mayor de estímulos congruentes en la tarea de Stroop. Nuestro estudio, en cambio, empleó un balance equitativo de estímulos congruentes e incongruentes. Esto podría haber tenido un impacto en los resultados, dado que el componente N4 del potencial evocado ha demostrado ser sensible a la novedad del estímulo

(Kutas y Federmeier, 2011). En consecuencia, el uso de una distribución equitativa de estímulos congruentes e incongruentes podría haber eliminado el factor de "novedad", lo que habría llevado a una equiparación de los potenciales evocados y a una reducción de las diferencias observadas entre los potenciales/estímulos.

Una variante en nuestro protocolo que podría haber impactado en los resultados es la naturaleza específica de la respuesta requerida en la tarea. A diferencia de la mayoría de los métodos que implican una única respuesta para la tarea de Stroop (pulsar una tecla o la barra espaciadora en función de la categoría de estímulo congruente o incongruente (e.g. Heidlmayr et al., 2020; Sokhadze et al., 2017), el protocolo utilizado implicó seleccionar uno de los cuatro botones virtuales con el ratón del ordenador. En relación con esto, Krämer et al. (2011) al examinar tareas relacionadas con el Control Ejecutivo identificaron que sólo los potenciales derivados de respuestas únicas mostraron el componente N2. De manera similar, Nawas et al. (2020) no encontraron diferencias significativas en la latencia de los componentes evocados por estímulos congruentes o incongruentes en una tarea de Stroop que implicaba la elección de uno de cuatro botones, de modo que estos antecedentes muestran paralelismos con nuestros hallazgos, los autores de ambos estudios atribuyen los resultados a que el potencial N2 se relaciona con la supresión de una respuesta más que a una elección compleja.

La respuesta esperada, en el componente N2 frontal en relación con la prueba de Stroop tal como lo identifican Bekçi y Karakas (2009), implica incrementos en la amplitud asociados con el estímulo incongruente (ver metaanálisis por Hoyniak, 2017), sin embargo, diversos estudios (e.g. Kakuszi et al., 2014; Lamm et al., 2006) reportan un incremento en la amplitud de este componente de forma directamente proporcional a la cantidad de errores. Por su parte, Kang

et al. (2020) indican que este componente se relaciona con la intensidad de la inhibición requerida en la tarea. Estos hallazgos conjuntos podrían apuntar a una interpretación diferente de lo previamente asumido, sugiriendo que las variaciones en el componente N2 podrían reflejar más el nivel de esfuerzo que un correlato directo de la efectividad en la tarea.

En resumen, los resultados obtenidos de los ERP en la presente investigación muestran los componentes esperados en la prueba de Stroop, pero la falta de diferencias entre los estímulos congruentes e incongruentes, o la falta de asociación entre los componentes y la eficacia de la respuesta, podría deberse a la igualdad de balance entre los estímulos congruentes e incongruentes o al paradigma de respuesta utilizado (respuesta de elección en contraste con respuesta única). De tal manera, que la prueba de Stroop no necesariamente debe considerarse como una tarea de supresión de interferencias, sino más bien una tarea que implica una inhibición de respuesta prepotente, es decir la capacidad de inhibir deliberadamente las conductas dominantes, automáticas o con una historia relativamente consistente de exposición (Miyake et al., 2000; para una revisión ver Friedman y Miyake, 2004).

#### ***Cuarto objetivo: Relación Predictiva entre Variables Cuantitativas de la Actividad Eléctrica Cerebral y la Elección de Alimentos Saludables***

El cuarto objetivo de este estudio se centró en analizar la relación predictiva entre diferentes variables cuantitativas de la actividad eléctrica cerebral (específicamente, los componentes N2 y N4 de los ERP) y la elección de alimentos (consumo de vegetales, grasas saturadas y azúcares refinados).

En consonancia con nuestra hipótesis (que indicó que una mayor amplitud y menor latencia de ambos componentes se asociarían con una elección más saludable de alimentos), se identificó una relación significativa entre el componente N4 y la elección de alimentos, en donde los datos revelan que una mayor amplitud y una menor latencia de este componente son predictoras de una elección de alimentos más saludable (tendiente a mayor consumo de vegetales y menor consumo de grasas saturadas y azúcares). El componente N4 se ha relacionado con el control ejecutivo, particularmente con ajustes en la respuesta automática (preponderante) o impulsiva (Ergen et al., 2014). Este hallazgo concuerda con los de investigaciones anteriores (Carbine et al., 2021; Hofmann et al., 2015; Wang et al., 2021), en las que se ha asociado componentes de los ERP con la respuesta o reacción ante alimentos o la preferencia por alimentos calóricos; sin embargo, hasta donde sabemos, esta es la primera vez que se asocia el componente N4 con la elección de alimentos de forma indirecta. Esto debido a que, mientras que los estudios anteriores elicitaban respuestas electrofisiológicas utilizando tareas que incluían directamente alimentos (como la tarea *Go/No-Go* con presentación de alimentos altamente calóricos), nuestros hallazgos se identificaron en la elicitación de la respuesta ante una tarea que no estaba relacionada directamente con la ingesta de alimentos (la prueba de Stroop). Esto indica que nuestras observaciones pueden reflejar un patrón de respuesta generalizado y no específico que afecta la elección de alimentos.

Estos hallazgos presentan paralelismos con otros estudios (Carbine et al., 2018; Carbine et al. 2021; Chami et al., 2019) que examinan las variaciones en los ERP ante alimentos en pacientes con sobrepeso y obesidad. Sus resultados indican que variaciones neurofisiológicas en los lóbulos frontales pueden mediar la conducta y tener un impacto en la toma de decisiones en

cuanto a alimentación. Asimismo, es importante destacar que la función de los lóbulos frontales puede modular la capacidad de suprimir respuestas impulsivas y de redirigir la conducta a consecuencias demoradas en lugar de solo a respuestas inmediatas (Allom et al., 2015), de tal manera, que el comportamiento del componente N4 pudiese ser un reflejo psicofisiológico del Control Ejecutivo (ver Bradford et al., 2020; Chuderski et al., 2016). Por lo tanto, estos hallazgos tienen implicaciones importantes en el balance entre hábitos saludables y no saludables.

Sin embargo, el presente estudio no se encontró relación significativa o que presentara un tamaño de efecto considerable entre el componente N2 y la alimentación. Aunque se ha señalado el componente N2 como un indicador de la demanda neurofisiológica relacionada con la respuesta inhibitoria en la elección de alimentos (Chami et al., 2019), los resultados son inconsistentes (e.g. Carbine et al., 2021; Chen et al., 2018; Wang et al., 2021). Esto podría sugerir que este componente puede ser sensible solo a condiciones metodológicas específicas (como la presentación de diferentes tipos de comida) o en poblaciones con condiciones clínicas (como la obesidad o los trastornos alimenticios).

#### ***Quinto objetivo: Relación Predictiva entre Variables Cuantitativas de la Actividad Eléctrica Cerebral y el Nivel de Grasa Visceral***

El quinto objetivo de nuestro estudio implicó el análisis de la relación predictiva entre las variables cuantitativas de la actividad eléctrica cerebral (proporción Theta/Beta, coherencia, y los componentes N2 y N4 de los ERP) y el nivel de grasa visceral (VLF). En función de este objetivo, nuestras hipótesis indicaron que una mayor amplitud y menor latencia de ambos

componentes se asociarían con mayor VLF. Sin embargo, no se encontraron resultados significativos que respaldaran estas hipótesis.

Son pocos los estudios que han evaluado las variaciones en el registro electroencefalográfico en reposo relativo asociado con medidas antropométricas. Por ende, las hipótesis relacionadas con este objetivo tenían un alto grado de incertidumbre. Sin embargo, algunos antecedentes justificaban su exploración. Por ejemplo, se ha encontrado variaciones en el EEG entre personas con peso normal y con sobrepeso en función de la exposición a estímulos alimenticios (Hume et al., 2015; McGeown y Davis, 2018). Además, otros estudios (Al-Hiyali et al., 2019) han explorado y propuesto la modificación operante del EEG como herramienta terapéutica para modificar los hábitos alimentarios en pacientes con sobrepeso.

Por otro lado, se han identificado alteraciones en la conectividad estructural en cerebro en pacientes con obesidad y que predicen el Índice de Masa Corporal (BMI) (ver Park et al., 2015). Sin embargo, estos hallazgos pertenecen a poblaciones clínicamente obesas, además, aunque estos reportes de conectividad están relacionados con las medidas de coherencia en el EEG, corresponden a redes subcorticales, a las cuales las medidas de coherencia del EEG de superficie utilizado en este estudio tendrían un acceso limitado (ver Demos, 2019; Thatcher, et al., 2008).

En relación con el registro electroencefalográfico, existen antecedentes que muestran variaciones en los ERP asociados con indicadores antropométricos de sobrepeso u obesidad (e.g. Hume et al., 2015; Wang, et al. 2021). Estas variaciones suelen ocurrir en el componente P3 (que no fue parte de nuestro estudio), que se asocia con la capacidad de la memoria de trabajo (Mapelli et al., 2014), y no en otros componentes como el N2, que se ha asociado con el control

inhibitorio en el contexto de la elección de alimentos, pero no con medidas antropométricas (Carbine et al., 2018; Carbine et al., 2021; Chami et al., 2019). Además, los estudios mencionados en este párrafo incluyeron muestras de pacientes con sobrepeso u obesidad.

En resumen, la Fase 2 del estudio exploró la relación entre EF y conductas de salud, ajustando objetivos y metodología basados en hallazgos preliminares. Se mantuvieron las pruebas asumidas relevantes, se amplió la evaluación de la elección de alimentos y se incluyó el análisis del EEG.

Los análisis incluyeron estadísticas descriptivas, correlaciones canónicas, GLMM y regresiones lineales, con un enfoque en variables cognitivas y electrofisiológicas como predictoras de diversos componentes de salud.

Los resultados revelaron una correlación significativa entre el desempeño en la prueba de Stroop y elecciones de alimentos saludables, cantidad de sueño y nivel de grasa visceral (VFL).

De forma inesperada, la prueba ATL mostró una relación inversa con la actividad física, posiblemente influenciada por la escolaridad y el tipo de trabajo. Además, se observó que las transgresiones en la ATL predecían un mayor VFL, sugiriendo un vínculo entre memoria de trabajo, inhibición y elecciones alimentarias.

A nivel neurofisiológico, se encontró que una mayor proporción theta/beta frontal se asociaba con un desempeño menos eficiente en BART, mientras que el componente N4 de los ERP se relacionó con una mejor elección de alimentos saludables. Estos hallazgos sugieren un papel clave del control ejecutivo y las funciones neurofisiológicas en los hábitos de salud, aunque algunos resultados esperados no se confirmaron, como la falta de relación entre los ERP

y la prueba de Stroop, estas discrepancias se discuten ante la posibilidad de ajustes particulares en la metodología y la construcción teórica alrededor de los ERP y esta tarea.

Se discute también la potencial influencia del nivel de grasa visceral sobre la memoria de trabajo y la relevancia de la escolaridad en la capacidad de planeación.

## **Capítulo 10: Relación entre las fases de investigación, conclusiones e implicaciones**

En este capítulo final, se discute respecto de la interrelación entre los diferentes hallazgos. Posteriormente, se presentan las conclusiones, las limitaciones y fortalezas del estudio, las implicaciones teóricas y metodológicas de los hallazgos y sus posibles aplicaciones prácticas. Finalmente, se proponen preguntas de investigación basadas en los hallazgos del presente estudio.

### **Interrelación de los hallazgos**

Los hallazgos muestran que la tendencia en respuestas típicamente asociadas con una disminución en Control Ejecutivo se relaciona con la elección menos saludable de alimentos y menor cantidad de sueño. De manera similar, estos hallazgos también indican una relación entre variables de actividad electrofisiológica asociadas con la eficiencia en el funcionamiento del lóbulo frontal y la elección saludable de alimentos, así como la elección ante condiciones riesgosas o de incertidumbre.

Nuestros hallazgos fueron en una población mayoritariamente saludable diferente a los estudios previos que se han centrado en personas con sobrepeso, obesidad u otros problemas de salud. Se observó una relación entre el componente N4 de los ERP y la elección de alimentos saludables, pero no se identificó una asociación significativa de esta variable con el nivel de grasa visceral en nuestra muestra. Esto podría sugerir que los cambios en la estructura antropométrica, como el nivel de grasa visceral, como resultado de los hábitos alimentarios que los antecedentes reportan (e.g. Eknoyan, 2006) pueden tomar más tiempo en manifestarse en individuos que actualmente se reportan sin ningún diagnóstico.

Este contraste entre nuestros resultados y los hallazgos previos destaca la importancia de considerar las diferencias entre las poblaciones de estudio al investigar estas relaciones. Los factores neurofisiológicos que influyen en la elección de alimentos saludables en individuos sanos pueden no estar directa o inmediatamente relacionados con medidas como la grasa visceral, a pesar de que estas relaciones se han observado en los estudios previamente mencionados con poblaciones con sobrepeso u obesidad (e.g. Carbine et al., 2018; Carbine et al. 2021; Chami et al., 2019).

Al analizar la intersección entre los factores, se encontró que la predicción más robusta se produjo en las variables canónicas dependientes de "elección de alimentos", incluso en el estudio correspondiente a la Fase 1 se hizo visible una relación directamente proporcional entre la capacidad de planeación y el consumo de frutas.

A diferencia de la capacidad predictiva del desempeño en la prueba de Stroop, que mostró una relación inversa entre el desempeño en dicha tarea y el consumo de alimentos altamente calóricos, el constructo canónico derivado del componente N4 presentó correlación también con el consumo de frutas y verduras. Esto podría indicar que tanto el rendimiento en la prueba de Stroop como el componente N4 reflejan diferentes aspectos del Control Ejecutivo. Dada su naturaleza, la respuesta cuantificada en la prueba de Stroop correspondería a una variable de resultado, mientras que el registro de los potenciales relacionados con eventos (ERP) correspondería a una variable de proceso.

Allan et al. (2011) hacen una distinción dentro del control ejecutivo entre la capacidad inhibitoria y otro componente relacionado con la habilidad para actualizar y seguir un plan, lo cual se interpreta como la capacidad para autodirigir el comportamiento. Estos investigadores

vinculan este último componente con un mayor consumo de frutas y verduras y un menor consumo de snacks, que suelen ser alimentos sabrosos, pero nutricionalmente pobres y consumidos de manera no programada. De manera similar, Limbers y Young (2015) investigaron las diversas funciones ejecutivas en relación con el consumo de frutas, verduras y alimentos calóricos, identificando dos factores conductuales que operan de manera distinta: un componente inhibitorio inversamente relacionado con el consumo de alimentos calóricos y otro componente asociado con la capacidad para iniciar tareas o actividades, que se correlacionó directamente con el consumo de frutas y verduras.

Los hallazgos del presente estudio indican que las habilidades asociadas con el funcionamiento de los lóbulos frontales parecen estar vinculadas con la toma de decisiones en el área del autocuidado de la salud (selección de alimentos, hábitos de sueño, etc.). Estas decisiones podrían depender de si la persona está más inclinada a responder a las consecuencias inmediatas o a las consecuencias a largo plazo en el contexto de hábitos saludables, que como lo muestran los antecedentes (e.g. Maner et al., 2017), esta inclinación se asume como una propensión construida históricamente, en términos de cómo ha interactuado el individuo en condiciones funcionalmente semejantes en el pasado.

Por otra parte, los lóbulos frontales presentan componentes cruciales de diversas redes neuronales, desempeñando principalmente una función inhibitoria y de gestión de recursos, que implica la inhibición ante ciertas condiciones de respuesta y la gestión de respuesta dirigida a otras condiciones de forma paralela, como en el caso de la tarea de Stroop, por lo que influye en la función ejecutiva general (ver Friedman y Robbins, 2021). En un estudio metaanalítico realizado por Heidlmayr et al. (2020), se sugiere que, con base en los resultados obtenidos en

estudios de resonancia magnética funcional durante la aplicación de la prueba de Stroop, un amplio sistema neural distribuido podría activarse en los procesos de Control Ejecutivo. Sin embargo, subprocesos específicos de control se reflejan en activaciones espaciales y temporales distinguibles. En este contexto, se encuentra que la corteza cingulada anterior (ACC) muestra activación en el monitoreo de conflictos, mientras que la corteza prefrontal dorsolateral (DLPFC) está activa en la implementación del control, interfiriendo en la dirección de la respuesta/conducta selectora. Cabe destacar que el estudio de factores fisiológicos en la inhibición de respuestas es un tema con trayectoria histórica en la psicología experimental (ver Pavlov, 1975).

En concordancia con los argumentos previos, y teniendo en cuenta que las decisiones favorables al autocuidado de la salud suelen implicar la habilidad de actuar en función de las consecuencias a largo plazo y de gestionar los recursos (e.g. Allan et al., 2016; Bejaró, 2021; Favieri et al., 2019; Vega-Michel, 2017; Yang et al., 2018), la función inhibitoria de los lóbulos frontales, como componente del Control Ejecutivo (Allan et al., 2011), sería esencial para la capacidad de la persona de suprimir las respuestas a las contingencias inmediatas o de contexto cercano, que tienen efectos acumulativos en la salud a largo plazo (i.e. grasa visceral; ver DGED, 2016; Secretaría de Salud, 2016) y responder a otras que están distanciadas de las circunstancias espacio-temporales inmediatas. De tal manera que nuestros resultados sugieren que la toma de decisiones en el ámbito de salud está asociada con el funcionamiento de los lóbulos frontales.

Llama la atención los paralelismos entre nuestros resultados relacionados con la capacidad de los participantes para actuar en función de un objetivo demorado y los hallazgos de Mischel (2015), quien realizó una serie de estudios en la década de 1960 y 1970 en la Universidad de Stanford, en los que a un grupo de niños de preescolar se les ofrecía un

malvavisco y se les decía que podían comerla ahora, o esperar unos 15 minutos sin comerlo y recibir un segundo malvavisco.

Los resultados mostraron que algunos niños eran capaces de esperar y ganar el segundo malvavisco, mientras que otros no. Los participantes fueron monitoreados a lo largo del tiempo y Mischel y sus colegas encontraron que la capacidad de esperar estaba correlacionada con el éxito posterior en la vida, incluyendo mejores resultados académicos, mejor salud física e incluso mejores resultados laborales y personales (ver Mischel, 2015).

Un hallazgo importante y que comenzó a hacerse notar desde la Fase 1 del estudio (ver Capítulo 8) es que la escolaridad parece actuar como un modulador favorable en la conservación de respuestas cognitivas (ver Barba-Gallardo, 2021; González Martín et al., 2018), en este caso, en la eficiencia en tareas de planeación. Sin embargo, los resultados obtenidos en ambas fases revelan que un mejor desempeño en la prueba de planeación está asociado con niveles más altos de grasa visceral y un menor número de pasos diarios. Esta relación parece estar mediada por factores como las actividades laborales sedentarias comunes en personas con alta escolaridad, sugiriendo que la condición laboral podría ser un factor de riesgo para la salud. Aunque el trabajo no implique riesgos evidentes de accidentes (como en el caso de un bombero), este vínculo se apoya en la posibilidad de un deterioro acumulativo debido a dificultades en el acceso a alimentos saludables y a trabajos que limitan la movilidad, incrementando así el sedentarismo (Pérez-Hernández et al., 2021).

Adicionalmente, el hallazgo que vincula aparentemente la memoria de trabajo con el nivel de grasa corporal, al ser contrastado con la teoría (ver Kaur et al., 2017; Raine, 2016; Yang et al., 2020) sugiere en este caso, que la variable fisiológica/antropométrica está interfiriendo con

la función y soporta la noción de que la condición de salud repercute en la capacidad conductual de la persona no solamente a nivel motriz (ver Yang et al., 2018; Yang et al., 2020). Sino que existen procesos bioquímicos como la inflamación (producida por el sistema inmunológico) o la saturación de hormonas como el cortisol que intoxican al organismo y afectan funciones como la memoria de trabajo (ver Arnoriaga-Rodríguez et al., 2020; Yang et al., 2020).

Finalmente, los resultados de la prueba BART se reflejaron una relación débil pero significativa entre el desempeño en la prueba BART y el consumo excesivo de alcohol tanto en la fase de validación de pruebas cognitivas (ver Apéndice K) como en la Fase 1, pero no en la Fase 2, que incluyó una muestra más amplia que las fases anteriores y participantes con un rango de edad mayor que en la fase de pilotaje (ninguno de los participantes contaba con diagnóstico de alcoholismo al momento de la evaluación), estos resultados son similares a los identificados en la revisión sistemática realizada por Canning et al. (2021), en donde los resultados de los estudios revisados por estos autores no son consistentes entre sí, por lo que consideramos que nuestros hallazgos preliminares podrían haber sido un error de Tipo I.

## **Conclusiones**

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio, se identifica que la eficiencia en respuestas asociadas con el control ejecutivo se relacionó con la elección de alimentos más saludables y con mayor cantidad de sueño. Asimismo, se encontró una relación entre la eficiencia en la respuesta electrofisiológica de los lóbulos frontales (medida a través de variables de actividad electrofisiológica) y la elección de alimentos saludables y la toma de decisiones bajo riesgo/incertidumbre.

Las funciones ejecutivas también predijeron el nivel de grasa visceral, en donde tanto la capacidad de Control Ejecutivo como de Planeación presentaron una asociación inversamente proporcional con esta medida antropométrica, sin embargo, la prueba BART, inicialmente asociada con la respuesta ante situaciones de riesgo y posteriormente discutida en el contexto de la incertidumbre, no mostró relaciones de predicción significativas con las variables de salud mencionadas anteriormente. Por otro lado, la actividad electrofisiológica (ERP) en los lóbulos frontales presentó una relación en la que una mayor activación de esta área cerebral durante situaciones que requieren Control Ejecutivo (prueba de Stroop) se asoció con la elección de alimentos más saludables. Además, en condiciones de reposo relativo, la actividad eléctrica de los lóbulos frontales se vinculó con una respuesta más eficiente en situaciones de riesgo/incertidumbre (prueba BART). Sin embargo, los componentes evaluados de la actividad electrofisiológica del lóbulo frontal no predijeron de forma significativa el nivel de grasa visceral. A estos hallazgos se suma el descubrimiento de factores que parecen actuar de manera protectora, como lo es el nivel de escolaridad.

Como se puede observar, en el presente estudio, se exploraron diversas variables agrupadas en tres categorías: de proceso, de resultado y de estado, cada una dentro de su respectivo dominio (Funciones Ejecutivas, Psicofisiología, Hábitos de Salud y Salud Antropométrica). Los registros recolectados durante las tareas computarizadas, por ejemplo, constituyen variables de resultado en el dominio de las EF, mientras que las variables latentes derivadas de estas se asumen como variables de proceso.

Además, se estudiaron otros aspectos de la vida cotidiana, como la actividad física, el sueño y la elección de alimentos, categorizados como variables de resultado en el dominio de los

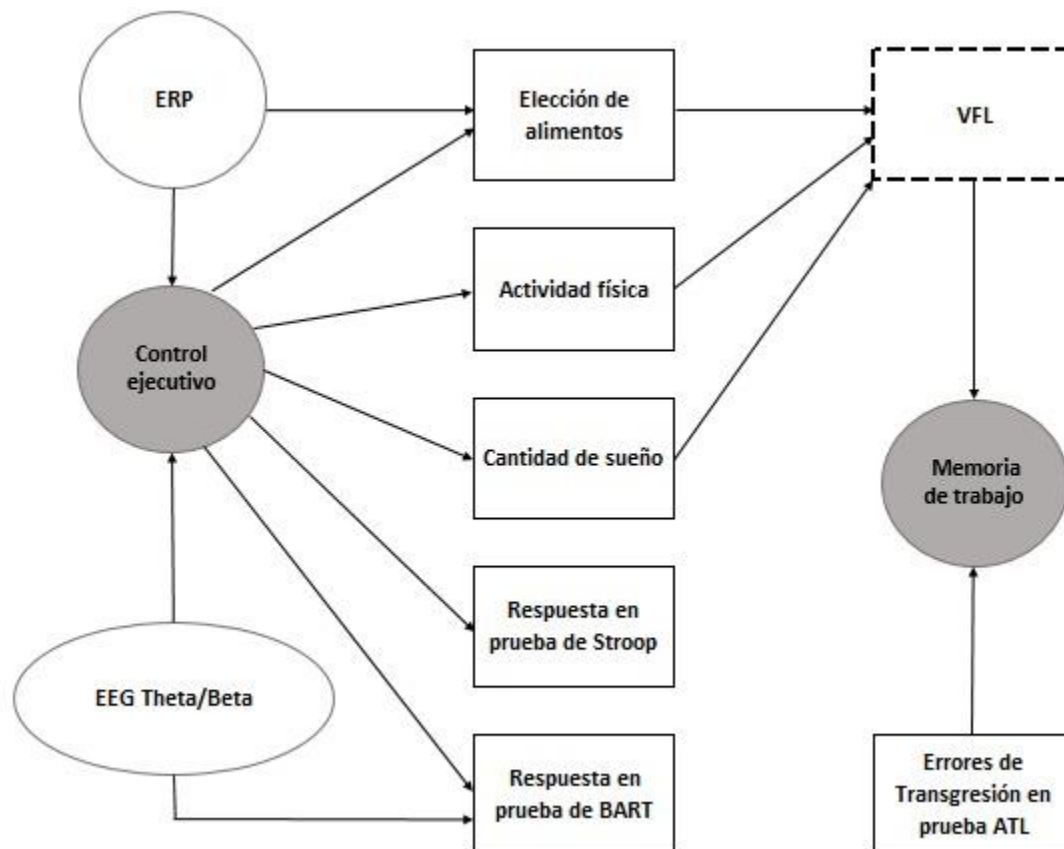
hábitos de salud. Por otra parte, el nivel de grasa visceral se definió como una variable de resultado en el dominio de la salud de carácter antropométrico.

En el dominio psicofisiológico, se analizaron dos tipos de variables: una de proceso, correspondiente a las mediciones de actividad eléctrica cerebral (ERP) durante la tarea; y una de estado, correspondiente a la proporción Theta/Beta en reposo relativo.

Nuestros análisis, representados en la Figura 10.1, muestran la predictibilidad entre el desempeño en la prueba de Stroop y las medidas derivadas de la elección de alimentos. Esto se debe a que las interacciones entre ambas situaciones presentan una semejanza funcional, asociada con la variable latente de Control Ejecutivo. De forma similar, la cantidad de sueño registrada diariamente parece estar influenciada por los mismos paralelismos funcionales. Este paralelismo se relaciona con las condiciones en las cuales la equivalencia entre situaciones implica la supresión de una respuesta y se evalúa la eficiencia de los participantes para lograr el objetivo ya sea ante la tarea o al apego una alimentación saludable (e.g. porcentaje de errores en la prueba de Stroop y evitación de alimentos altamente paladeables). Esto resulta en la contraposición de una respuesta impulsiva en función de otra orientada a un objetivo a largo plazo.

**Figura 10.1.**

*Conexión entre parámetros de proceso, resultado y estados identificados.*



*Nota:* Este esquema muestra distintas variables categorizadas como variables de proceso (círculos), variables de resultado (cuadrados) y variable de estado (óvalo). Las variables latentes de tipo cognitivo presentan un fondo gris y la variable de salud de tipo antropométrico se diferenció con un marco con línea punteada. ERP (potenciales relacionados con eventos), EEG (actividad eléctrica cerebral / electroencefalograma), VLF (nivel de grasa visceral), ATL (prueba de Torre de Londres Adaptada). La dirección de las flechas muestra la relación de incidencia entre las variables.

Como lo muestra la Figura 10.1, la dirección de las flechas muestra que las variaciones observadas en el componente N4 de los ERP, derivados de la prueba de Stroop, indican la presencia de procesos psicofisiológicos, con una capacidad predictiva similar en la elección de alimentos. Por otro lado, el estado psicofisiológico (proporción Theta/Beta en reposo relativo)

demonstró su utilidad para predecir las variaciones en una respuesta conductual (prueba BART) y que como se discutió anteriormente, podría asociarse adicionalmente con el EC.

Finalmente, se descubrió que una variable de resultado en el dominio de la salud, el nivel de grasa visceral puede ser predicha por una variable de resultado conductual (errores de transgresión), que a su vez se corresponde con la variable latente de proceso conocida como Memoria de Trabajo y que dicha relación puede deberse a un efecto de la primera sobre la segunda (ver Figura 10.1).

Lo anterior nos lleva a asumir, que la interacción entre ciertos parámetros de proceso, de estado y de resultado pueden servir como "ventanas" a través de las cuales se puede observar y entender un complejo proceso psicofisiológico subyacente al comportamiento relacionado con la salud. Así, se evidencia la interrelación entre diversas variables y dominios, brindando un enfoque integrador para el análisis de la interdependencia entre las dimensiones fisiológicas y conductual.

A continuación, se presentan, las implicaciones teóricas y metodológicas de los hallazgos y sus posibles aplicaciones prácticas. Finalmente, se proponen preguntas y líneas para futuras investigaciones basadas en los hallazgos del presente estudio.

### ***Limitaciones del estudio***

Las limitaciones de este estudio deben tomarse en cuenta al interpretar los hallazgos. Primero, el protocolo utilizado incluyó un gran número de variables con una muestra relativamente pequeña de participantes en cada fase (Fase 1, n=35; Fase 2 n=61), lo cual aumenta el riesgo de error de tipo I. Además, la investigación se realizó con una muestra de participantes relativamente sanos,

en los que las relaciones entre las variables exploradas pueden ser muy débiles, en relación con participantes con patologías específicas como obesidad o personas con un deterioro como en el caso de adultos mayores, dificultando la detección de relaciones entre variables o incluso éstas podrían ser inexistentes en la población analizada.

El hecho de que en la Fase 1 no se identificaran relaciones significativas con la prueba de Stroop abona a lo ya mencionado, en donde las limitaciones propias de ambas fases (como el tamaño de la muestra y la variabilidad en los registros) podrían estar restringiendo los resultados. Impidiendo una detección más uniforme de las relaciones entre las variables (ver Pérez-Tejada, 2008). Aunque en la Fase 2 se incrementó tanto el tamaño de la muestra como su diversidad, mediante una inclusión estratificada de participantes, el número total de participantes sigue siendo comparativamente pequeño. Además, en la estratificación no se incluyeron poblaciones con patologías declaradas. No obstante, los ajustes realizados en la selección de la muestra para la Fase 2 permitieron ampliar significativamente la identificación de relaciones relevantes. En este contexto, es posible que las limitaciones en nuestra muestra estén oscureciendo la identificación de otras relaciones entre las variables, tales como la interacción entre el desempeño en la prueba de Stroop y los potenciales evocados por evento (ERP), o posibles relaciones entre el componente N2 y la alimentación.

Por otra parte, el estudio se realizó en el contexto de la pandemia de COVID, que pudo haber alterado los hábitos preexistentes de los participantes, afectando la relación identificada entre variables de proceso (e.g. actividad física) y resultado (e.g. consumo de alcohol reportado). Además, se debe tener en cuenta una limitación inherente a la evaluación de las funciones ejecutivas: la falta de consenso en su definición o en un modelo ampliamente aceptado (ver

Flores y Ostrosky-Solís, 2008; Miyake y Friedman, 2012). Aunque cada prueba utilizada en el estudio se asocia con una función ejecutiva, la relación entre la tarea y la función ejecutiva no es específica ni excluyente (ver Miyake y Friedman, 2012). Esta situación puede conducir a una cierta debilidad en la validez de constructo (ver Ato-García y Vallejo-Seco, 2015) en la investigación derivada de las funciones ejecutivas.

### ***Fortalezas del estudio***

Una fortaleza de la metodología global utilizada fue el diseño por fases o secuencial del estudio (ver Plano-Clark, 2013), que implicó la inclusión de una fase de pilotaje y calibración, orientada a garantizar pruebas y medidas válidas, una fase de delimitación de variables y ajustes metodológicos (Fase 1) y una fase final para poner a prueba las hipótesis (Fase 2).

Este diseño permite una mejora gradual de las preguntas u objetivos de la investigación, mejorar la calidad del diseño de investigación y la oportunidad de ajustar la metodología basándose en los hallazgos y las experiencias por lo que puede contribuir a la robustez de los hallazgos finales (ver Creswell, 2009; Plano-Clark, 2010; Plano-Clark, 2013).

Otra fortaleza de la presente investigación fue el uso de estadísticas multivariadas en el análisis de las hipótesis, lo cual permite el examen de las interacciones entre múltiples variables a la vez, proporcionando un panorama más completo de las relaciones entre las variables de interés y reduciendo el riesgo de error tipo I (ver Ato et al., 2013; Braun y Oswald, 2011).

También se debe considerar que de manera rigurosa se eliminaron hallazgos significativos con un tamaño de efecto pequeño, abonando de esta manera a la reducción de riesgo de considerar asociaciones espurias (ver Domínguez-Lara, 2018).

La American Medical Association (AMA, 2023) recientemente ha destacado que el uso del BMI como medida antropométrica presenta un alto nivel de imprecisión. No obstante, debido a su simplicidad, es ampliamente utilizada, como es el caso en la mayoría de los estudios antecedentes (e.g. Cunha et al., 2017; Sellaro y Colzato, 2017; Yang et al., 2020). La AMA también indica que el BMI debe complementarse con otras medidas de mayor precisión, como el VLF, que fue utilizado en nuestra investigación y que presenta un desarrollo metodológico previo a las recientes declaraciones de la AMA y que, de acuerdo con nuestros datos, es una medida sensible a las diferencias entre individuos en el desempeño asociado con las EF.

### **Implicaciones Teórico-Metodológicas**

La convergencia de hallazgos en este estudio con el control ejecutivo respalda la síntesis teórica de dependencia e interdependencia entre las Funciones Ejecutivas (EF) presentadas en la Figura 2.1 del Capítulo 2 de este documento y, apoya la propuesta de Miyake y Friedman (2012), quienes plantean un sistema compuesto por un conjunto de procesos cognitivos distintos pero interrelacionados.

La falta de un modelo consensuado en el estudio de las EF en el contexto de la salud motivó la realización de un esfuerzo de síntesis e integración teórica, como se detalla en el Capítulo 2 de este trabajo. A pesar de que el estado actual del conocimiento en este ámbito dificulta la adopción de un modelo específico vinculado a la salud, el esfuerzo de integración antes mencionado y los resultados obtenidos podrían ser analizados en función de diversas propuestas existentes.

Específicamente, nuestros hallazgos parecen coincidir con el modelo propuesto por Miyake y Friedman (2012), que sugiere la existencia de tres EF fundamentales, a partir de las cuales se derivan o se construyen otras de mayor complejidad. Según este modelo, las tres funciones serían: la capacidad de Actualización/Memoria de trabajo, la capacidad de respuesta al Cambio/Flexibilidad cognitiva y la capacidad de Inhibición, sin embargo, sería necesaria la actualización de este modelo en etapas posteriores al desarrollo (ver Glisky et al., 2020).

A pesar de que nuestros hallazgos convergen con dos de estas tres funciones (memoria de trabajo e inhibición), es necesario un proceso de investigación más extenso para descartar o delimitar el papel de la Flexibilidad Cognitiva, así como la confluencia de estas tres funciones en el ámbito de la toma de decisiones relacionadas con la salud y las repercusiones de estas en las funciones ejecutivas. Además, como ya se mencionó, se debe tomar en cuenta que los factores identificados en el modelo de Miyake y Friedman parecen no observarse en población adulta (Glisky et al., 2020).

En nuestra síntesis explicativa de las funciones ejecutivas, también incorporamos el factor de la Toma de Decisiones, que en este estudio se identifica como la capacidad de elegir entre distintas opciones de respuesta, por ejemplo, optar por una hamburguesa o una ensalada. Esta concepción es similar a la de Tirapu-Ustárroz et al. (2017), quienes definen la Toma de Decisiones como un producto de diversos procesos cognitivos. De tal manera que se propone, la Toma de Decisiones como una variable de resultado, influenciada o modulada por la interacción entre la contingencia y el desarrollo de las EF propio de la persona. Cabe destacar que, aunque Tirapu-Ustárroz et al. (2017) incorporan un componente emocional en su conceptualización, este aspecto no fue abordado en los objetivos de nuestro estudio

Es importante en este punto, subrayar que las EF son constructos abstractos, variables latentes que encapsulan una serie de respuestas que corresponden a una categoría que puede ser identificada por su función. De este modo, y en concordancia con la propuesta de evaluación conductual computarizada de Santacreu y García-Leal (2000), se puede asumir que una respuesta a una tarea (e.g. la prueba de Stroop) y un comportamiento relacionado con la salud (e.g. la elección de alimentos) son dos respuestas que tienen equivalencias o paralelismos funcionales dentro de una categoría de respuesta. Esto resulta en la contraposición de una respuesta impulsiva en función de otra orientada a un objetivo a largo plazo.

Esta interpretación difiere de la suposición de algunos autores (e.g. Roselli et al., 2008) que consideran que las respuestas conductuales son el producto de una categoría abstracta (e.g. el Control Ejecutivo). En lugar de ello, se propone que estas respuestas reflejan una consistencia en el comportamiento, determinada por colecciones de respuestas ante condiciones funcionalmente semejantes (ver Froxán, 2020; Santacreu y García-Leal, 2000), más que ser productos de un concepto abstracto inferido. De esta forma y a partir de los antecedentes y hallazgos se puede operacionalizar el Control Ejecutivo como la capacidad del sujeto para iniciar o inhibir una conducta con relativa independencia de las señales en el contexto próximo.

Como se mencionó anteriormente, los antecedentes en la investigación de las EF muestran cierta debilidad en la validez del constructo, lo cual se hizo especialmente evidente en esta investigación a través de los resultados obtenidos con la prueba BART. De Groot y Thurik (2018) realizan un análisis crítico de la prueba BART y argumentan que debería ser clasificada como una medida de respuesta ante la incertidumbre, en lugar de una medida de respuesta ante el riesgo. En su documento, se define el riesgo como una condición en la que la certeza del

resultado es imposible, pero las probabilidades de los posibles resultados sí son conocidas. En las condiciones de incertidumbre, tanto el resultado como las probabilidades de los posibles resultados son desconocidos, como en el protocolo para la prueba BART utilizado en la presente investigación. Este hecho nos lleva a considerar seriamente la distinción que De Groot y Thuriik (2018) establecen entre condiciones de riesgo e incertidumbre, pudiendo estas ser operacionalizadas mediante arreglos de contingencias distintos. Esto implica que tanto la prueba BART como la evaluación del consumo excesivo de alcohol deberían ajustarse a una misma categoría, ya sea de riesgo o incertidumbre. De lo contrario, parece ilógico continuar asumiendo que existirá una correspondencia constante entre ambos factores, como sugieren algunos de los resultados de esta investigación. Es posible que la falta de una relación significativa entre el desempeño en la prueba BART y el consumo excesivo de alcohol se deba, al menos en parte, a diferencias fundamentales en la naturaleza de estas dos variables y en cómo se miden. Por lo tanto, las futuras investigaciones podrían beneficiarse de un enfoque teórico y metodológico más preciso.

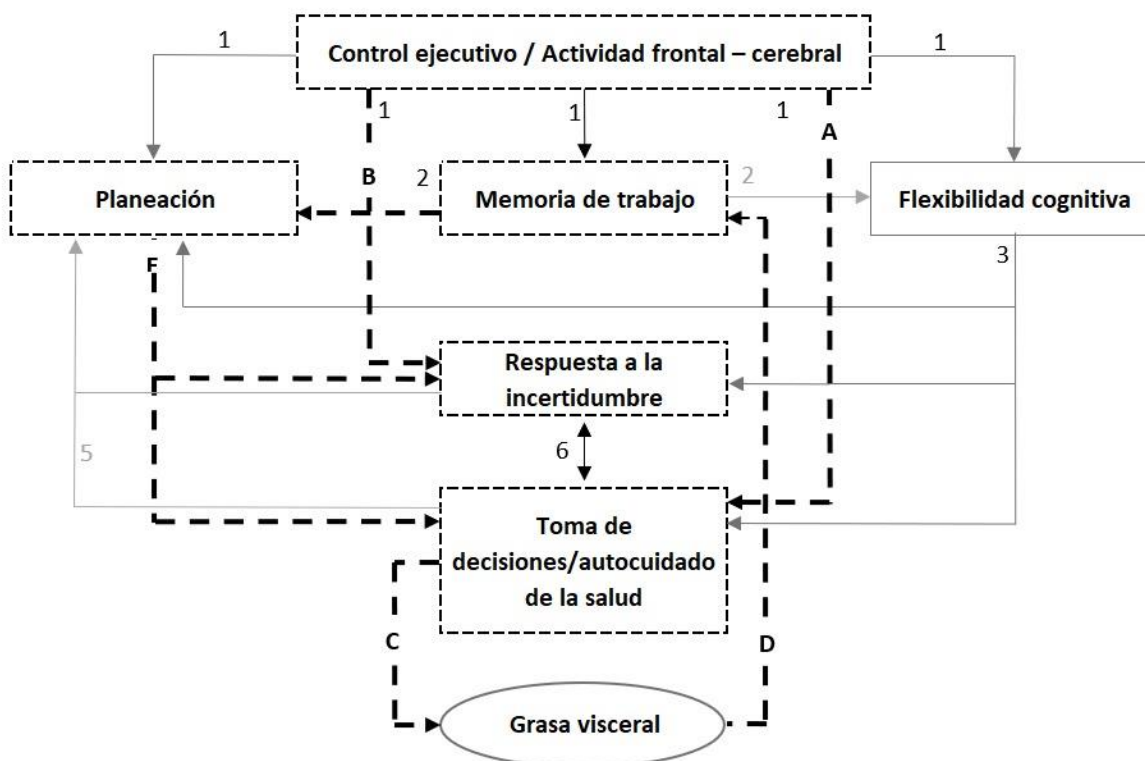
Por otra parte, con base en los hallazgos, se plantea, que el componente biológico, en este caso neurofisiológico, sería un factor disposicional que permite y modula la respuesta asociada (ver Froxán, 2020; Ryle, 2005). Por tanto, la identificación de patrones de respuesta en un ámbito puede reflejar patrones de respuesta en otros ámbitos, mientras que la identificación de variaciones psicofisiológicas permite reconocer componentes del organismo que faciliten o dificulten la ejecución y adquisición de un comportamiento.

Los resultados de nuestra investigación muestran que efectivamente las EF parecen predecir algunos indicadores de salud y hábitos asociados con esta. Al respecto, se esbozan los

hallazgos y su posible explicación causal en la Figura 10.2, la cual es una adaptación de la Figura 2.1 (ver Capítulo 2), en esta nueva figura, las líneas punteadas representan los hallazgos identificados. Para diferenciarlas de las líneas de la figura anterior, estas se denominan con letras en lugar de números, se añade el componente de grasa visceral a modo de eslabón en la interrelación EF y salud, se vincula el Control Ejecutivo con la actividad de la región frontal del cerebro y se sustituye el concepto de “Riesgo-beneficio” por “Incertidumbre”.

### Figura 10.2.

*Interrelación entre Funciones Ejecutivas en el contexto del Autocuidado de la Salud.*



*Nota.* Este diagrama se basa en La Figura 2.1 de del Capítulo 2, la cual ha sido adaptada y actualizada para reflejar los hallazgos correspondientes. En comparación con la versión original, se ha añadido la variable “Grasa Visceral”, se ha reemplazado el término “Riesgo” por “Respuesta a la Incertidumbre”, y se modificaron varias líneas de interrelación y cajas de texto, dándoles un patrón de puntos. Las líneas y cajas con patrón de puntos representan los hallazgos correspondientes a la presente investigación, que se denotan con letras. Las flechas indican la dirección del efecto o modulación. Para ver la numeración completa de las líneas originales y su soporte teórico ver (Capítulo 2).

Los resultados obtenidos en esta investigación se reflejan en esta figura (10.2) e indican que el CE juega un papel fundamental en la predicción del estado de salud y los hábitos relacionados con la misma. Específicamente, se encuentra asociado con la toma de decisiones (línea A) y la respuesta frente a la incertidumbre (previamente asumida como la valoración de riesgo-beneficio) (línea B). Por su parte, la tendencia histórica en la elección de alimentos altamente calóricos incrementaría el riesgo de acumulación de grasa visceral (línea C).

Considerando los antecedentes mencionados, la relación encontrada entre la WM y el VLF sugiere que esta última podría tener un impacto negativo en esta EF. Esta influencia adversa podría, a su vez, afectar la capacidad de planeación del individuo (línea D), lo que podría repercutir en su proceso de toma de decisiones (línea E). Este hallazgo es relevante para entender cómo las características físicas pueden influir en los procesos cognitivos y, por ende, en las decisiones relacionadas con la salud, en una relación de interdependencia circular como ya se ha propuesto (Yang et al., 2018). Sin embargo, se debe considerar, que la naturaleza metodológica del presente estudio (ver Ato et al., 2013) hace que la Figura 10.2 sea de naturaleza heurística y que las relaciones identificadas conlleven el desarrollo posterior de investigaciones más controladas y con metodologías apropiadas para confirmar o descartar las relaciones causales propuestas en un sentido hipotético-deductivo.

Las convergencias y divergencias entre nuestros hallazgos e investigaciones previas enfatizan la necesidad de considerar las variaciones metodológicas al interpretar los resultados y diseñar futuros estudios. Por ejemplo, la falta de diferencias en nuestro estudio entre el tipo de estímulo en los componentes de los ERP sugiere la necesidad de una exploración más profunda y una posible reconsideración de cómo la distribución de estímulos congruentes e incongruentes

podría influir en los resultados de las tareas de Stroop. Algunos estudios como el de Bekçi y Karakas (2009), en relación con la prueba de Stroop, muestran un incremento en la amplitud del componente N2 frontal al enfrentar estímulos incongruentes (ver metaanálisis por Hoyniak, 2017). Sin embargo, estudios como los de Kakuszi et al. (2014) y Lamm et al. (2006) han reportado que la amplitud de este componente aumenta proporcionalmente a la cantidad de errores cometidos. En una línea de posible convergencia, Kang et al. (2020) sugieren que la amplitud del componente N2 varía en función de la intensidad de la inhibición requerida en la tarea. Este conjunto de hallazgos sugiere un marco explicativo alternativo a la simple relación entre las características del componente N2 y la efectividad en la tarea. Más bien, parece indicar que las variaciones en este componente reflejan el nivel de esfuerzo asociado con la realización de la tarea. El resultado de obtener respuestas simétricas en algunos componentes de los ERP cuando se presenta un balance equitativo de estímulos congruentes e incongruentes en la prueba de Stroop sugiere la necesidad de revisar la interpretación estos potenciales en dicha tarea, o incluso la interpretación de ésta. Schmidt (2016) ofrece una perspectiva alternativa, proponiendo que los efectos diferenciales en la proporción de estímulos congruentes podrían estar vinculados al aprendizaje episódico y ser específicos del contexto. De modo que no necesariamente debe considerarse como una tarea de supresión de interferencias, sino como una tarea que implica una inhibición de respuesta prepotente, es decir la capacidad de inhibir deliberadamente las conductas dominantes, automáticas o prepotentes cuando sea necesario (Miyake et al., 2000; para una revisión, ver Friedman y Miyake, 2004). Estas perspectivas indican la importancia de replicar la exploración de las correspondencias neurofisiológicas en la prueba de Stroop, teniendo en cuenta los hallazgos obtenidos.

Por otra parte, desde el punto de vista metodológico, se debe considerar que la multiplicidad de variables en este tipo de estudios realizados en ambientes naturales favorece una visión más orientada al análisis de contexto o visión de campo, sin embargo, para reducir el riesgo de error tipo I debe considerarse trabajar con muestras más amplias (ver Badii et al., 2007).

Adicionalmente, la evaluación de múltiples variables implica una enorme complejidad en cuanto a su control, algunos ejemplos utilizados en la presente investigación fueron el evaluar a las participantes femeninas en los 10 días posteriores a su último día de sangrado, esto para evitar variaciones importantes asociadas con las distintas fases del ciclo menstrual, pintar la pantalla de las pulseras FitBit® para evitar el riesgo que la retroalimentación del dispositivo modificara los patrones naturales de actividad física o sueño de los participantes (ver Dunn y Robertson-Wilson, 2018).

### **Implicaciones prácticas**

Del presente estudio se desprenden varias implicaciones prácticas, en primer lugar, aunque los resultados obtenidos requieren evaluarse a gran escala para asumirlos como criterios generales, el hecho de que presenten fuertes convergencias con muchos de los antecedentes mencionados puede utilizarse (con cautela y seguimiento apropiados) en términos de detección de factores de riesgo (principalmente cognitivos y en segundo plano neurofisiológicos) en el autocuidado de la salud. Lo anterior, derivado de que los resultados sugieren una cadena de fenómenos con efectos secuenciales, en donde el control ejecutivo aparece como el eslabón inicial. De tal manera que el

control ejecutivo sería un elemento de detección temprana en el cuidado de la salud desde el punto de vista de lo psicológico, y un aspecto central en la práctica de la psicología de la salud.

Por otra parte, de confirmarse las relaciones causales propuestas previamente, estos hallazgos podrían contribuir al desarrollo de intervenciones para mejorar la salud y los hábitos de salud como el apego a dietas saludables, actividad física o cuidado del sueño, que incluyan estrategias dirigidas a fortalecer el control ejecutivo y en caso de deterioro físico u obesidad, derivar en intervenciones preventivas para fortalecer la memoria de trabajo. Esto podría abarcar el desarrollo de aplicaciones electrónicas para tal fin (e.g. Alcaraz et al., 2013), así como entrenamiento cognitivo o intervenciones conductuales (Raman et al., 2015).

Nuestros resultados son especialmente relevantes en México debido a que nuestro país ocupa el segundo lugar en sobrepeso y obesidad en el mundo (Health at a Glance, 2019) y el primero en obesidad mórbida entre los países de la OCDE (2019). De acuerdo con ENSANUT (Instituto Nacional de Salud Pública, 2021), el porcentaje de adultos mexicanos de más de 20 años con sobrepeso es de 72.4%, lo cual es alarmante y poco esperanzador si consideramos que, de acuerdo con este documento, estos datos implican un incremento del 1.1% desde el 2012, por lo que es un tema central de salud pública por todas las implicaciones que presenta en cuanto a su efecto en el ámbito de salud en general, costos económicos y afectación de la calidad de vida de las personas. Por lo que, cualquier hallazgo vinculado a este factor de salud, por mínimo que sea no deberá ser desestimado.

## **Preguntas y Líneas de Investigación**

De los resultados obtenidos se deriva una línea de investigación, que implica explorar las hipótesis del presente estudio replicándolo en poblaciones en condiciones de morbilidad (e.g. obesidad), replicar el estudio aplicando un grupo de variables a la vez de cada categoría (e.g. desempeño en la prueba de Stroop y elección de alimentos), con el objetivo de poder analizar los resultados en función de relaciones simples entre variables de desempeño y hábitos o patrones de elección. También sería conveniente replicar el protocolo a medida que el estado del arte relacionado con las funciones ejecutivas logre una mayor especificidad o sea reemplazado por un modelo teórico más eficiente. Así, como la exploración de las relaciones de causa efecto previamente propuestas, desde un marco metodológico experimental, por ejemplo, evaluando el efecto del entrenamiento en el control ejecutivo en relación con el apego a hábitos saludables (e.g. régimen alimenticio, tratamientos médicos, actividad física) tanto en poblaciones sanas como en diversas condiciones de salud, o como lo han propuesto algunos autores (Al-Hiyali et al., 2019; Blume et al., 2021), utilizar la modificación operante del EEG (neuroretroalimentación) como herramienta terapéutica para modificar los hábitos alimentarios en pacientes con sobrepeso. Además, se debe resaltar la relevancia de estudios longitudinales, dando seguimiento a los individuos a lo largo del tiempo para evaluar cómo los cambios en sus FE repercuten en hábitos alimentarios y como estos pueden afectar su estructura antropométrica a largo plazo.

Adicionalmente, se pueden explorar líneas explicativas distintas en cuanto a las capacidades de autorregulación en el contexto de la salud, por ejemplo, Allom y Mullan (2012), relacionan la capacidad de autorregulación con un mayor consumo de frutas y verduras. Según

estos autores, esta capacidad estaría influenciada por la habilidad del individuo para observar (referir, describir) sus propias conductas y evaluar la congruencia de sus acciones con su autoconcepto, lo que implica la capacidad verbal del individuo. Esta observación sugiere una posible asociación con la respuesta del componente N4 identificada en este estudio, dado que este componente ha sido vinculado con el comportamiento verbal complejo (Heidlmayr et al., 2020). De tal forma, que un diseño metodológico que explore lenguaje, el componente N4 de los ERP y el consumo de frutas y verduras podría responder a las preguntas que vinculan el desarrollo del lenguaje y la autorregulación y abonar a la comprensión de la relación entre EF y salud.

En segundo lugar, nuestros hallazgos derivan en una línea de investigación implicada la exploración de variables neurofisiológicas y salud, por ejemplo, ¿la proporción theta/beta es predictora del apego a tratamientos médicos? Así como evaluar otros componentes de los ERP en la predicción de la elección de alimentos, nivel de grasa visceral y otras variables relacionadas con la salud o contrastar los componentes obtenidos durante la realización de tareas, en contraposición a aquellos obtenidos ante la exposición a alimentos.

En tercer lugar, los resultados obtenidos en los ERP dejan múltiples dudas de los hallazgos correspondientes a la naturaleza de esta respuesta psicofisiológica, por lo que una línea de investigación que podría derivar en la exploración variables neurofisiológicas y EF, así, por ejemplo, se podría evaluar la relación entre el porcentaje de estímulos incongruentes y las diferencias en los componentes (e.g. N2, P3, N4, etc.) derivados de la manipulación de esta prueba (e.g. porcentaje de estímulos incongruentes, tiempo de presentación del estímulo, etc.) o la diferencia entre el uso de la prueba Stroop en modalidad *Go/No-Go* y por elección de

respuesta como lo fue en la presente investigación, o explorar la pregunta: ¿la proporción theta/beta es predictora del desempeño en la prueba de Stroop? Modificando la condición de registro electroencefalográfico y realizándolo durante la prueba y no en la condición de reposo relativo, lo que podría ayudar a explicar el ¿Por qué? Se presentó una relación entre esta variable neurofisiológica y los resultados de BART y no con la prueba de Stroop, si ambas tareas parecen compartir aspectos del control ejecutivo, o ampliar la exploración de los ERP, partiendo de preguntas como ¿la amplitud de los componentes N2 y N4 está relacionada con la dificultad/ esfuerzo en la tarea más que con la eficiencia en la respuesta?, ¿los componentes N2 y N4 son un correlato del ajuste a la respuesta preponderante o corresponden a una respuesta puramente inhibitoria?

En cuarto lugar, el hallazgo inesperado de la relación entre escolaridad y el promedio diario de pasos puede dar lugar a un estudio comparativo en donde se contrasten grupos con distintas combinaciones basadas en la escolaridad, el peso, el tipo de trabajo y el género, de modo que pueda acotarse de forma más precisa la relación entre escolaridad, actividad física (e.g. pasos diarios), nivel de grasa visceral y planeación.

En resumen, este capítulo concluye que existe una correlación positiva entre el control ejecutivo y la adopción de un estilo de vida saludable, mientras que un alto nivel de grasa visceral (VLF) parece afectar negativamente a las funciones ejecutivas, como la memoria de trabajo o el control ejecutivo. Se destacó una relación significativa entre la actividad electrofisiológica frontal y la elección de alimentos saludables, así como decisiones en condiciones de incertidumbre en una población mayormente sana. Se observó una conexión entre el componente N4 de los ERP y las preferencias alimenticias saludables, aunque no con el VLF.

El estudio enfatiza la relevancia de considerar diferencias poblacionales, mostrando que la escolaridad puede actuar como un factor protector cognitivo, pero también asociarse con menos actividad física. Se discute cómo la actividad de los lóbulos frontales parece influenciar las decisiones de autocuidado de la salud, resaltando la importancia del control ejecutivo en la consecución de metas a largo plazo.

A pesar de limitaciones como el tamaño de la muestra y la posible influencia de la pandemia (COVID), el estudio aporta un enfoque integral, uniendo variables de diversas dimensiones y fortaleciéndose con un diseño secuencial y estadísticas multivariadas. Los hallazgos abogan por más investigaciones sobre la interacción entre funciones ejecutivas, salud y comportamiento, con aplicaciones prácticas en detección de riesgos y desarrollo de intervenciones en salud.

El estudio propone futuras líneas de investigación, como el análisis de variables neurofisiológicas en relación con la salud y el impacto de la autorregulación en elecciones alimenticias y hábitos saludables, lo que podría profundizar la comprensión de los vínculos entre neurociencia, comportamiento y salud en México.

## Referencias

- Agrawal, N., Faruqui, R., y Bodani, M. (2020). *Oxford Textbook of Neuropsychiatry*. Oxford University Press.
- Albert, D. y Steinberg, L. (2011). Age Differences in Strategic Planning as Indexed by the Tower of London. *Child Development*, 82(5), 1501–1517. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2011.01613.x>
- Alcaraz, F., De la Garza, M.P., Jiménez C.E., Diaque M. y Iriarte, A.A. (2013). Efectos de un entrenamiento en memoria de trabajo y atención sostenida sobre las funciones ejecutivas de niños de 8 a 14 años de edad. *Revista Mexicana de Investigación en Psicología*, 5(1), 41-55. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmexinvpsi/mip-2013/mip131d.pdf>
- Alcaraz-Ortíz, M. R., Ramírez-Flores, D., Palafox-López, G. I. y Reyes-Hernández, J.U. (2015). El déficit cognitivo relacionado con el índice de masa corporal elevado. *Revista Especializada en Ciencias de la Salud*, 18(1), 33-38. <https://www.medigraphic.com/pdfs/vertientes/vre-2015/vre151e.pdf>
- Al-Hiyali, M. I., Ishak, A. J., Harun, H. R., Ahmad, S. A. y Sulaiman, W. A. W. (2019). Examination of Prefrontal Cortex Activity After EEG-Neurofeedback Stimulation in Overweight Cases. *International Journal of Integrated Engineering*, 11(3). <https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/ijie/article/view/4536>
- Allan, J., Johnston, M. y Campbell, N. (2011). Missed by an inch or a mile? Predicting the size of intention–behaviour gap from measures of executive control. *Psychology & Health*, 26(6), 635–650. <https://doi.org/10.1080/08870441003681307>
- Allan, J., McMinn, D., y Daly, M. (2016). A bidirectional relationship between executive function and health behavior: Evidence, implications, and future directions. *Frontiers in Neuroscience*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00386>
- Allom, V. y Mullan, B. (2012). Self-regulation versus habit: The influence of self-schema on fruit and vegetable consumption. *Psychology & Health*, 27(sup2), 7–24. <https://doi.org/10.1080/08870446.2011.605138>
- Allom, V. y Mullan, B. (2014). Individual differences in executive function predict distinct eating behaviours. *Appetite*, 80, 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.05.007>

- Allom, V., Mullan, B., Smith, E., Hay, P., y Raman, J. (2018). Breaking bad habits by improving executive function in individuals with obesity. *BMC Public Health*, *18*, 2-8.  
<https://doi.org/10.1186/s12889-018-5392-y>
- Allom, V., Mullan, B., y Hagger, M. (2015). Does inhibitory control training improve health behaviour? A meta-analysis. *Health Psychology Review*, *9*(3), 1–38.  
<https://doi.org/10.1080/17437199.2015.1051078>
- Alloway, T.P. (2009). Working Memory, but Not IQ, Predicts Subsequent Learning in Children with Learning Difficulties. *European Journal of Psychological Assessment*, *25*(2), 92-98. <https://doi.org/10.1027/1015-5759.25.2.92>
- Al-Mahroos, F. y Al-Roomi, K. (2001). Obesity among Adult Bahraini Population: Impact of Physical Activity and Educational Level. *Annals Of Saudi Medicine*, *21*(3-4), 183-187.  
<https://doi.org/10.5144/0256-4947.2001.183>
- Alsina, A., y Sáiz, D. (2003). Un análisis comparativo del papel del bucle fonológico versus la agenda viso-espacial en el cálculo en niños de 7-8 años. *Psicothema*, *15*(2), 241-246.  
<http://www.psicothema.com/pdf/1052.pdf>
- Álvarez, J. A. y Emory, E. (2006). Executive Function and the Frontal Lobes: A Meta-Analytic Review. *Neuropsychology Review*, *16*(1), 17-42
- Ambrosini, E., y Vallesi, A. (2017). Domain-general Stroop performance and hemispheric asymmetries: A resting-state EEG study. *Journal of cognitive neuroscience*, *29*(5), 769-779. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_01076](https://doi.org/10.1162/jocn_a_01076)
- American Medical Association. (2023, June 14). *AMA adopts new policy clarifying role of BMI as a measure in medicine*. <https://www.ama-assn.org/press-center/press-releases/ama-adopts-new-policy-clarifying-role-bmi-measure-medicine>
- Amlung, M., Petker, T., Jackson, J., Balodis, I. y MacKillop, J. (2016). Steep discounting of delayed monetary and food rewards in obesity: a meta-analysis. *Psychological medicine*, *56*, 2423-2434. <https://doi.org/10.1017/S0033291716000866>
- Angelidis, A., van der Does, W., Schakel, L. y Putman, P. (2016). Frontal EEG theta/beta ratio as a biomarker for attentional control and its test-retest reliability. *Biological Psychology*, *121*(Pt. 2), 49-52. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.09.008>

- Arnorriaga-Rodríguez, M., Mayneris-Perxachs, J., Burokas, A., Contreras-Rodríguez, O., Blasco, G., Coll, C., Biarnés, C., Miranda-Olivos, R., Latorre, J., Moreno-Navarrete, J.-M., Castells-Nobau, A., Sabater, M., Palomo-Buitrago, M. E., Puig, J., Pedraza, S., Gich, J., Pérez-Brocal, V., Ricart, W., Moya, A., ... Fernández-Real, J. M. (2020). Obesity impairs short-term and working memory through gut microbial metabolism of aromatic amino acids. *Cell Metabolism*, 32(4), 548-560.e7.  
<https://doi.org/10.1016/j.cmet.2020.09.002>
- Arns, M., Conners, C. K. y Kramer, H.C. (2013). A decade of EEG theta/beta ratio research in ADHD: a meta-analysis. *Journal of Attentional Disorders*, 17, 374–383.  
<https://doi.org/10.1177/1087054712460087>
- Arnsten, A. F. T. y Li, B. M. (2005). Neurobiology of Executive Functions: Catecholamine Influences on Prefrontal Cortical Functions. *Biological Psychiatry*, 57(11), 1377–1384. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2004.08.019>
- Aston-Jones, G. y Cohen, J. D. (2005). An integrative theory of locus coeruleus-norepinephrine function: Adaptive Gain and Optimal Performance. *Annual review of neuroscience*, 28, 403–450. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.28.061604.135709>
- Aston-Jones, G., Rajkowski, J. y Cohen, J. (1999). Role of locus coeruleus in attention and behavioral flexibility. *Biological Psychiatry*, 46(9), 1309-1320.  
[https://doi.org/10.1016/s0006-3223\(99\)00140-7](https://doi.org/10.1016/s0006-3223(99)00140-7)
- Ato, M., López-García, J.J. y Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología*, 29(3), 1038-1059.  
<https://doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511>
- Ato-García, M. y Vallejo-Seco, G. (2015). *Diseños de investigación en Psicología*. Ediciones Pirámide.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559.  
<https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Baddeley, A. D. (2012). Working memory: theories, models, and controversies. *Annual review of psychology*, 63, 1-29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>

- Badii, M. H. y Castillo, J. (2007). Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación científica. *Innovaciones de negocios*, 4(8). <https://doi.org/10.29105/rinn4.8-9>
- Ballesio, A., Aquino, M. R. J. V., Kyle, S. D., Ferlazzo, F. y Lombardo, C. (2019). Executive Functions in Insomnia Disorder: A Systematic Review and Exploratory Meta-Analysis. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00101>
- Barba-Gallardo, P. (2021). Reserva cognitiva como prevención en el deterioro de las funciones neurocognitivas en la vejez. *Horizontes. Revista De Investigación En Ciencias De La Educación*, 5(20), 1074–1083. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v5i20.258>
- Bartholdy, S., Dalton, B., O'Daly, O., Campbell, I. C., & Schmidt, U. (2016). A systematic review of the relationship between eating, weight and inhibitory control using the stop signal task. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 64, 35–62. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.02.010>
- Barz, M., Lange, D., Parschau, L., Lonsdale, C., Knoll, N. y Schwarzer, R. (2015). Self-efficacy, planning, and preparatory behaviours as joint predictors of physical activity: A conditional process analysis. *Psychology & Health*, 31(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/08870446.2015.1070157>
- Basharpour, S., Heidari, F. y Molavi, P. (2021). EEG coherence in theta, alpha, and beta bands in frontal regions and executive functions. *Applied Neuropsychology: Adult*, 28(3), 310–317. <https://doi.org/10.1080/23279095.2019.1632860>
- Bastien, C. H., Fortier-Brochu, É., Rioux, I., LeBlanc, M., Daley, M. y Morin, C. M. (2003). Cognitive performance and sleep quality in the elderly suffering from chronic insomnia: relationship between objective and subjective measures. *Journal of Psychosomatic Research*, 54(1), 39-49. [https://doi.org/10.1016/s0022-3999\(02\)00544-5](https://doi.org/10.1016/s0022-3999(02)00544-5)
- Bathelt, J., Gathercole, S. E., Johnson, A., y Astle, D. E. (2017). Differences in brain morphology and working memory capacity across childhood. *Developmental science*, 21(3), e12579. <https://doi.org/10.1111/desc.12579>
- Bejarano, C. M. (2021). *Hedonic Appetite, Inhibitory Control Training, and Food Consumption in Adolescents* (Tesis doctoral). University of Kansas.

- Bekçi, B., & Karakaş, S. (2009). [Perceptual conflict and response competition: event-related potentials of the stroop effect]. *Turkish Journal of Psychiatry*, 20(2), 127–137.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19504363>
- Bender, A. R. y Raz, N. (2012). Age-related differences in memory and executive functions in healthy APOE E4 carriers: The contribution of individual differences in prefrontal volumes and systolic blood pressure. *Neuropsychologia*, 50, 704-714.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.12.025>
- Berry, A. S., Shah, V. D., Baker, S. L., Vogel, J. W., O'Neil, J. P., Janabi, M., Schwimmer, H. D., Marks, S. M. y Jagust, W. J. (2016). Aging Affects Dopaminergic Neural Mechanisms of Cognitive Flexibility. *The Journal Of Neuroscience*, 36(50), 12559-12569.  
<https://doi.org/10.1523/jneurosci.0626-16.2016>
- Biars, J., Johnson, N., Nespeca, M., Busch, R., Kubu, C. y Floden, D. (2018). Iowa Gambling Task Performance in Parkinson Disease Patients with Impulse Control Disorders. *Archives Of Clinical Neuropsychology*, 34(3), 310-318.  
<https://doi.org/10.1093/arclin/acy036>
- Bilder, R. M. y Reise, S. P. (2018). Neuropsychological tests of the future: how do we get there from here? *The Clinical Neuropsychologist*, 33(2), 1–26.  
<https://doi.org/10.1080/13854046.2018.1521993>
- Biswas, A., Oh, P. I., Faulkner, G. E., Bajaj, R. R., Silver, M. A., Mitchell, M. S., y Alter, D. A. (2015). Sedentary time and its association with risk for disease incidence, mortality, and hospitalization in adults: A systematic review and meta-analysis. *Annals of Internal Medicine*, 162(2), 123-132. <https://doi.org/10.7326/M14-1651>
- Black, C. L., Goldstein, K. E., LaBelle, D. R., Brown, C. W., Harmon-Jones, E., Abramson, L. Y. y Alloy, L. B. (2014). Behavioral approach system sensitivity and risk taking interact to predict left-prefrontal asymmetry. *Behavior Therapy*, 45(5), 640-650.  
<https://doi.org/10.1016/j.beth.2014.01.006>
- Blackwell, T., Yaffe, K., Laffan, A., Ancoli-Israel, S., Redline, S., Ensrud, K. E., Song, E. y Sotone, K. L. (2014). Associations of objectively measured sleep quality with subsequent

- cognitive decline in older community-dwelling men: The MrOS sleep study. *Sleep*, 37(4), 655-663. <https://doi.org/10.5665/sleep.3562>
- Blair, M. A., Moyett, A., Bato, A. A., DeRosso, P. y Karlsgodt, K. H. (2018). The role of executive function in adolescent adaptive risk-taking on the balloon analogue risk task. *Developmental neuropsychology*, 43(7), 566-580. <https://doi.org/10.1080/87565641.2018.1510500>
- Bomyea, J., Taylor, C. T., Spadoni, A. D. y Simmons, A. N. (2017). Neural mechanisms of interference control in working memory capacity. *Human Brain Mapping*, 39(2), 772-782. <https://doi.org/10.1002/hbm.23881>
- Bopp, K. L. y Verhaeghen, P. (2020). Aging and n-Back performance: A meta-analysis. *The Journals of Gerontology: Series B*, 75(2), 229-240. <https://doi.org/10.1093/geronb/gby024>
- Bradford, E. E., Brunsdon, V. E., & Ferguson, H. J. (2020). The neural basis of belief-attribution across the lifespan: False-belief reasoning and the N400 effect. *Cortex*, 126, 265–280. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.01.016>
- Braun, M. y Oswald, F. L. (2011). Exploratory regression analysis: A tool for selecting models and determining predictor importance. *Behavior Research Methods*, 43(2), 331–339. <https://doi.org/10.3758/s13428-010-0046-8>
- Braver, T. y Barch, D. (2002). A theory of cognitive control, aging cognition, and neuromodulation. *Neuroscience y Biobehavioral Reviews*, 26(7), 809-817. [https://doi.org/10.1016/s0149-7634\(02\)00067-2](https://doi.org/10.1016/s0149-7634(02)00067-2)
- Brevers, D., Bechara, A., Cleeremans, A. y Noël, X. (2013). Iowa Gambling Task (IGT): twenty years after – gambling disorder and IGT. *Frontiers in Psychology*, 4, Article 665 <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00665>
- Brown, F. C., Buboltz, W. C. y Soper, B. (2002). Relationship of Sleep Hygiene Awareness, Sleep Hygiene Practices, and Sleep Quality in University Students. *Behavioral Medicine*, 28(1), 33–38. <https://doi.org/10.1080/08964280209596396>
- Byrne, M. E., Shank, L. M., Altman, D. R., Swanson, T. N., Ramirez, E., Moore, N. A., Rubin, S. G., LeMay-Russell, S., Parker, M. N., Kaufman, R. E., Yang, S. B., Torres, S. L.,

- Brady, S. M., Kelly, N. R., Tanofsky-Kraff, M. y Yanovski, J. A. (2021). Inhibitory control and negative affect in relation to food intake among youth. *Appetite*, *156*, 104858. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104858>
- Cain, S. W., Silva, E. J., Chang, A.-M., Ronda, J. M. y Duffy, J. F. (2011). One night of sleep deprivation affects reaction time, but not interference or facilitation in a Stroop task. *Brain and Cognition*, *76*(1), 37–42. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2011.03.011>
- Camchong, J., Endres, M. y Fein, G. (2014). Decision making, risky behavior, and alcoholism. *Handbook of Clinical Neurology*, *125*, 227-236. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62619-6.00014-8>
- Campbell, N. R., Paccot, M., Whelton, P. K., Angell, S. Y., Jaffe, M. G., Cohn, J., Brito, A. E., Irazola, V., Brettler, J. W., Roccella, E. J., Figueredo, J. I. M., Rosende, A., & Ordúñez, P. (2022). Directrices de la Organización Mundial de la Salud del 2021 sobre el tratamiento farmacológico de la hipertensión: implicaciones de política para la Región de las Américas. *Pan american journal of public health*, *46*, 1. <https://doi.org/10.26633/rpsp.2022.54>
- Canet, J. y Burín, D. (2016). La memoria de trabajo: escritorio, pizarra y energía mental. En I. Introzzi (Comp.) *¿Quién dirige la batuta? Funciones ejecutivas: Herramientas para la regulación de la mente, la emoción y la acción* (pp. 39-58) EUDEM.
- Canning, J. R., Schallert, M. R. y Larimer, M. E. (2021). A Systematic Review of the Balloon Analogue Risk Task (BART) in Alcohol Research. *Alcohol and Alcoholism*. *57*(1), 85–103. <https://doi.org/10.1093/alcalc/agab004>
- Carbine, K. A., Duraccio, K. M., Kirwan, C. B., Muncy, N. M., LeCheminant, J. D. y Larson, M. J. (2018). A direct comparison between ERP and fMRI measurements of food-related inhibitory control: Implications for BMI status and dietary intake. *NeuroImage*, *166*, 335–348. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.11.008>
- Carbine, K. A., Larson, M. J., Romney, L., Bailey, B. W., Tucker, L. A., Christensen, W. F. y LeCheminant, J. D. (2017). Disparity in neural and subjective responses to food images in women with obesity and normal-weight women. *Obesity*, *25*(2), 384–390. <https://doi.org/10.1002/oby.21710>

- Carbine, K. A., Muir, A. M., Allen, W. D., LeCheminant, J. D., Baldwin, S. A., Jensen, C. D., Kirwan, C. B. y Larson, M. J. (2021). Does inhibitory control training reduce weight and caloric intake in adults with overweight and obesity? A pre-registered, randomized controlled event-related potential (ERP) study. *Behaviour Research and Therapy*, *136*, 103784. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2020.103784>
- Chami, R., Cardi, V., Lautarescu, A. B., Mallorquí-Bagué, N. y McLoughlin, G. (2019). Neural responses to food stimuli among individuals with eating and weight disorders: a systematic review of event-related potentials. *International Review of Psychiatry*, *31*(4), 318–331. <https://doi.org/10.1080/09540261.2019.1622515>
- Chan, W. S., Levsen, M. P. y McCrae, C. (2017). A meta-analysis of associations between obesity and insomnia diagnosis and symptoms. *Sleep Medicine Reviews*, *40*, 170–182. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2017.12.004>
- Chatterjee, S., Peters, S. A., Woodward, M., Mejia Arango, S., Batty, G. D., Beckett, N., Beiser, A., Borenstein, A. R., Crane, P. K., Haan, M., Hassing, L. B., Hayden, K. M., Kiyohara, Y., Larson, E. B., Li, C. Y., Ninomiya, T., Ohara, T., Peters, R., Russ, T. C., Seshadri, S., ... Huxley, R. R. (2016). Type 2 Diabetes as a Risk Factor for Dementia in Women Compared With Men: A Pooled Analysis of 2.3 Million People Comprising more than 100,000 cases of dementia. *Diabetes care*, *39*(2), 300-307. <https://doi.org/10.2337/dc15-1588>
- Chen, C. W. y Sun, C. W. (2017). Combination of electroencephalography and near-infrared spectroscopy in evaluation of mental concentration during the mental focus task for Wisconsin card sorting test. *Scientific reports*, *7*(1), 1-5. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00448-6>
- Chen, L., Pei, J., Kuang, J., Chen, H., Chen, Z., Li, Z. y Yang, H. (2015). Effect of lifestyle intervention in patients with type 2 diabetes: A meta-analysis. *Metabolism clinical and experimental*, *64*, 338-347. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2014.10.018>
- Chen, S., Jia, Y. y Woltering, S. (2018). Neural differences of inhibitory control between adolescents with obesity and their peers. *International journal of obesity (2005)*, *42*(10), 1753–1761. <https://doi.org/10.1038/s41366-018-0142-x>

- Chen, Y. y Wallraven, C. (9-11 Enero de 2017). Pop or not? EEG correlates of risk-taking behavior in the balloon analogue risk task. *2017 5th International Winter Conference on Brain-Computer Interface (BCI)* (pp. 16-19). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IWW-BCI.2017.7858146>
- Cheval, B., Daou, M., Cabral, D. a. R., Bacelar, M. F., Parma, J. O., Forestier, C., Orsholits, D., Sander, D., Boisgontier, M. P., & Miller, M. W. (2020). Higher inhibitory control is required to escape the innate attraction to effort minimization. *Psychology of Sport and Exercise, 51*, 101781. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2020.101781>
- Cheval, B., Radel, R., Neva, J. L., Boyd, L. A., Swinnen, S. P., Sander, D., & Boisgontier, M. P. (2018). Behavioral and Neural Evidence of the Rewarding Value of exercise Behaviors: A Systematic review. *Sports Medicine, 48*(6), 1389–1404. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0898-0>
- Chiu, H. J., Sun, C. K., Fan, H. Y., Tzang, R. F., Wang, M. Y., Cheng, Y. C., Cheng, Y. S., Yeh, P. Y. y Chung, W. (2022). Surface electroencephalographic neurofeedback improves sustained attention in ADHD: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health, 16*(1), 104. <https://doi.org/10.1186/s13034-022-00543-1>
- Chuderski, A., Senderecka, M., Kalamala, P., Kroczeck, B. y Ociepka, M. (2016). ERP correlates of the conflictive level in the multi-response Stroop task. *Brain Research, 1650*, 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2016.08.041>
- Clark, K. L. y Noudoost, B. (2014). The role of prefrontal catecholamines in attention and working memory. *Frontiers in neural circuits, 8*, 33. <https://doi.org/10.3389/fncir.2014.00033>
- Coelli, S., Tacchino, G., Rossetti, E., Veniero, M., Pugnetti, L., Baglio, F. y Bianchi, A. M. (2016). Assessment of the usability of a computerized Stroop test for clinical application. *IEEE 2<sup>nd</sup> international forum on research and technologies for society and industry leveraging a better tomorrow (RTSI)*. 1-5. <https://doi.org/10.1109/rtsi.2016.7740597>
- Cohen, J. (1992). Quantitative methods in psychology. *Psychological Bulletin, 112*(1), 155-159.

- Cohen, J. D., Botvinick, M. y Carter, C. S. (2000). Anterior cingulate and prefrontal cortex: who's in control? *Nature Neuroscience*, 3(5), 421–423. <https://doi.org/10.1038/74783>
- Cohen, M. X. (2017). Where does EEG come from and what does it mean? *Trends in neurosciences*, 40(4), 208-218. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2017.02.004>
- Cooper, P. S., Wong, A. S. W., McKewen, M., Michie, P. T. y Karayanidis, F. (2017). Frontoparietal theta oscillations during proactive control are associated with goal-updating and reduced behavioral variability. *Biological psychology*, 129, 253-264. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.09.008>
- Corsi-Cabrera, M., Rojas-Ramos, O. A. y Río-Portilla, Y. (2015). Waking EEG signs of non-restoring sleep in primary insomnia patients. *Clinical neurophysiology*, 127(3), 1813-1821. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.08.023>
- Creswell, J. W. (2008). *Research design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications, Incorporated.
- Cristofori, I., Cohen-Zimmerman, S., & Grafman, J. (2019). Executive functions. En M. D'Esposito & J.H. Grafman (Eds), *Handbook of Clinical Neurology* (pp. 197–219). ELSIEVER.
- Crone, E. A., van Duijvenvoorde, A. C. K. y Peper, J. S. (2016). Annual research review: Neural contributions to risk-taking in adolescence – developmental changes and individual differences. *Journal of child psychology and psychiatry*, 57(3), 353-368. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12502>
- Cunha, M., Saboga-Nunes, L. y Cunha, B. (2017). Education for health, dietary habits, nutritional status and indicators of metabolic risk. *Social and behavioral sciences*, 237, 875-881. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.02.186>
- Dajani, D. y Uddin, L. (2015). Demystifying cognitive flexibility: Implications for clinical and developmental neuroscience. *Trends In Neurosciences*, 38(9), 571-578. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2015.07.003>
- Daly, M., McMinn, D. y Allan, J. (2015). A bidirectional relationship between physical activity and executive function in older adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.01044>

- de Bruin, E. J., van Run, C., Staaks, J. y Meijer, A. M. (2017). Effects of sleep manipulation on cognitive functioning of adolescents: a systematic review. *Sleep medicine reviews*, 32, 45-57. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2016.02.006>
- De Groot, K. y Thurik, R. (2018). Disentangling Risk and Uncertainty: When Risk-Taking Measures Are Not About Risk. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02194>
- Dembrow, N. y Johnston, D. (2014). Subcircuit-specific neuromodulation in the prefrontal cortex. *Frontiers in Neural Circuits*, 8(54). <https://doi.org/10.3389/fncir.2014.00054>
- Demiral, S. B., Gambi, C., Nieuwland, M. S. y Pickering, M. J. (2016). Neural correlates of verbal joint action: ERPs reveal common perception and action systems in a shared-Stroop task. *Brain Research*, 1649, 79-89. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2016.08.025>
- Demos, J. N. (2019). *Getting Started with EEG Neurofeedback, second Edition*. National Geographic Books.
- Deng, Z., Huang, Q., Huang, J., Zhang, W., Qi, C. y Xu, X. (2017). Association between central obesity and executive function as assessed by stroop task performance: A functional near-infrared spectroscopy study. *Journal of Innovative Optical Health Sciences*, 11(1), 1750010. <https://doi.org/10.1142/s1793545817500109>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Dias, N. S., Ferreira, D., Reis, J., Jacinto, L. R., Fernandes, L., Pinho, F., Festa, J., Pereira, M., Afonso, N., Santos, N. C., Cerqueira, J. J. y Sousa, N. (2015). Age effects on EEG correlates of the Wisconsin Card Sorting Test. *Physiological Reports*, 3(7), e12390. <https://doi.org/10.14814/phy2.12390>
- Dirección General de Evaluación del Desempeño (2016). *Informe sobre la salud de los mexicanos 2015. Diagnóstico general de la salud poblacional*. Secretaría de Salud. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/64176/INFORME\\_LA\\_SALUD\\_DE\\_LOS\\_MEXICANOS\\_2015\\_S.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/64176/INFORME_LA_SALUD_DE_LOS_MEXICANOS_2015_S.pdf)

- Dohle, S., Diel, K. y Hofmann, W. (2018). Executive functions and the self-regulation of eating behavior: A review. *Appetite*, 124, 4-9. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.05.041>
- Domínguez-Lara, S. (2018). Magnitud del efecto, una guía rápida. *Educación médica*, 19(4), 251-254. <https://doi.org/10.1016/j.>
- Downes, M., Bathelt, J. y De Haan, M. (2017). Event-related potential measures of executive functioning from preschool to adolescence. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 59(6), 581–590. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13395>
- Droomers, M., Schrijvers, C. T. y Mackenbach, J. P. (2001). Educational level and decreases in leisure time physical activity: predictors from the longitudinal GLOBE study. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 55(8), 562-568. <https://doi.org/10.1136/jech.55.8.562>
- Dunbar, R. I. M. (1998). The social brain hypothesis. *Evolutionary Anthropology*, 6(5), 178-190. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6505\(1998\)6:5<178::AID-EVAN5>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6505(1998)6:5<178::AID-EVAN5>3.0.CO;2-8)
- Dunbar, R. I. y Shultz, S. (2007). Evolution in the social brain. *Science*, 317(5843), 1344-1347. <https://doi.org/10.1126/science.1145463>.
- Dunn, E. E. y Robertson-Wilson, J. (2018). Behavior change techniques and physical activity using the Fitbit Flex®. *International Journal of Exercise Science*, 11(7), 561-574. Earls, <https://doi.org/10.2196/12768>
- Earls, H. A., Curran, T. y Mittal, V. (2016). Deficits in early stages of face processing in schizophrenia: A systematic review of the P100 component. *Schizophrenia bulletin*, 42(2), 519-527. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2006.07.002>
- Eisenreich, B. R., Akaishi, R., & Hayden, B. Y. (2017). Control without Controllers: Toward a Distributed Neuroscience of Executive Control. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29(10), 1684–1698. [https://doi.org/10.1162/jocn\\_a\\_01139](https://doi.org/10.1162/jocn_a_01139)
- Eknoyan, G. (2006). A History of Obesity, or How What Was Good Became Ugly and Then Bad. *Advances in Chronic Kidney Disease*, 13(4), 421–427. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2006.07.002>
- Elorza Pérez-Tejada, H. (2023). *Estadística para las ciencias sociales, del comportamiento y de la salud* (3ra ed.). Cengage Learning Editores, S.A.

- Ergen, M., Saban, S., Kirmizi-Alsan, E., Uslu, A., Keskin-Ergen, Y. y Demiralp, T. (2014). Time–frequency analysis of the event-related potentials associated with the Stroop test. *International Journal of Psychophysiology*, *94*(3), 463–472. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.08.177>
- Exelmans, L. y Scott, H. (2019). Social media use and sleep quality among adults: The role of gender, age, and social media checking habits. *PsyArXiv*. <https://doi.org/10.31234/osf.io/eqx dh>
- Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R. y Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: Attentional control theory. *Emotion*, *7*(2), 336–353. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.2.336>
- Faris, M. E., Vitiello, M. V., Abdelrahim, D. N., Cheikh Ismail, L., Jahrami, H. A., Khaleel, S. y Bahammam, A. S. (2022). Eating habits are associated with subjective sleep quality outcomes among university students: findings of a cross-sectional study. *Sleep & breathing = Schlaf & Atmung*, *26*(3), 1365–1376. <https://doi.org/10.1007/s11325-021-02506-w>
- Favieri, F., Forte, G. y Casagrande, M. (2019). The Executive Functions in Overweight and Obesity: A Systematic Review of Neuropsychological Cross-Sectional and Longitudinal Studies. *Frontiers in Psychology*, *10*, 1-27. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02126>
- Feizpour, A., Parkington, H. y Mansouri, F. (2018). Cognitive sex differences in effects of music in Wisconsin Card Sorting Test. *Psychology Of Music*, *48*(2), 252-265. <https://doi.org/10.1177/0305735618795030>
- Feng, C., Becker, B., Huang, W., Wu, X., Eickhoff, S. y Chen, T. (2018). Neural substrates of the emotion-word and emotional counting Stroop tasks in healthy and clinical populations: A meta-analysis of functional brain imaging studies. *Neuroimage*, *173*, 258-274. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.02.023>
- Fernández-Mendoza, J., Li, Y., Vgontzas, A. N., Frang, J., Gaines, J., Calhoun, S. L., Liao, D. y Bixler, E. O. (2016). Insomnia is associated with cortical hyperarousal as early as adolescence. *Sleep*, *39*(5), 1029-1036. <https://doi.org/10.5665/sleep.5746>

- Fernie, G., Cole, J. C., Goudie, A. J., & Field, M. (2010). Risk-taking but not response inhibition or delay discounting predict alcohol consumption in social drinkers. *Drug and Alcohol Dependence*, *112*(1–2), 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2010.05.011>
- Filley, C. (2012). *The behavioral neurology of white matter*. (2a ed.) Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/med/9780199743261.001.0001>
- Flores Ocampo, P. M., Vieyra Reyes, P., Jiménez Garcés, C., Trujillo Condes, V. E., Montes de Oca Lemus, L. G., & De Paz Garduño, I. A. (2020). Función ejecutiva, perfil psicopatológico y calidad de vida en pacientes con obesidad mórbida. Alfaomega (Ed). *Estudios multidisciplinarios en Ciencias de la Salud*. (pp. 105-116). Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. México.
- Flores, J. C. y Ostrosky-Solís, F. (2008). Neuropsicología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. *Revista neuropsicología, neuropsiquiatría y neurociencias*, *8*(1), 47-58. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3987468>
- Flores, J. C. y Ostrosky-Solís, F. (2012). *Desarrollo neuropsicológico de lóbulos frontales y funciones ejecutivas*. Manual Moderno
- Flores, J. L., Ostrosky, F. y Lozano, A. (2014). *Batería neuropsicológica de funciones ejecutivas y lóbulos frontales BANFE– 2*. Manual Moderno.
- Floresco, S. B. y Magyar, O. (2006). Mesocortical dopamine modulation of executive functions: beyond working memory. *Psychopharmacology*, *188*(4), 567–585. <https://doi.org/10.1007/s00213-006-0404-5>
- Forte, R., Pesce, C., de Vito, G. y Boreham, C. (2016). The body fat-cognition relationship in healthy older individuals: Does gynoid vs android distribution matter?. *The Journal Of Nutrition, Health & Aging*, *21*(3), 284-292. <https://doi.org/10.1007/s12603-016-0783-1>
- Franz, M. J., Boucher, J. L., Rutten-Ramos, S. y VanWormer, J. J. (2015). Lifestyle weight-loss intervention outcomes in overweight and obese adults with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, *115*(9), 1447-1463. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.02.031>

- Friedman, N. y Robbins, T. W. (2021). The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology*, 47, 72–89.  
<https://doi.org/10.1038/s41386-021-01132-0>
- Froxán, M. X. (2020). *Análisis funcional de la conducta humana: Concepto, metodología y aplicaciones*. Pirámide.
- Fuchs, F. D., & Whelton, P. K. (2020). High blood pressure and cardiovascular disease. *Hypertension*, 75(2), 285–292. <https://doi.org/10.1161/hypertensionaha.119.14240>
- Fukunaga, R., Brown, J. W. y Bogg, T. (2012). Decision making in the Balloon Analogue Risk Task (BART): Anterior cingulate cortex signals loss aversion but not the infrequency of risky choices. *Cognitive, Affective, y Behavioral Neuroscience*, 12(3), 479–490. <https://doi.org/10.3758/s13415-012-0102-1>
- Gable, P., Neal, L. y Threadgill, A. (2017). Regulatory behavior and frontal activity: Considering the role of revised-BIS in relative right frontal asymmetry. *Psychophysiology*, 55(1), e12910. <https://doi.org/10.1111/psyp.12910>
- Gajewski, P. D. y Falkenstein, M. (2015). Long-term habitual physical activity is associated with lower distractibility in a Stroop interference task in aging: Behavioral and ERP evidence. *Brain and cognition*, 98, 87-101. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2015.06.004>
- Garg, S., Maurer, H., Reed, K. y Selagamsetty, R. (2013). Diabetes and cancer: two diseases with obesity as a common risk factor. *Diabetes, Obesity And Metabolism*, 16(2), 97-110. <https://doi.org/10.1111/dom.12124>
- Gasquoine, P. G. y Chen, P. Y. (2020). Effect of physical exercise on popular measures of executive function in older, nonclinical, participants of randomized controlled trials: A meta-analytic review. *Applied Neuropsychology: Adult*, 29(2) 203-211.  
<https://doi.org/10.1080/23279095.2020.1732980>
- Georgiou, G. K., Li, J. y Das, J. P. (2017). Tower of London: What Level of Planning Does it Measure? *Psychological Studies*, 62(3), 261–267. <https://doi.org/10.1007/s12646-017-0416-8>
- Glisky, E. L., Alexander, G. E., Hou, M., Kawa, K., Woolverton, C., Zigman, E. K., Nguyen, L., Haws, K. A., Figueredo, A. J., & Ryan, L. (2020). Differences between young and older

- adults in unity and diversity of executive functions. *Aging Neuropsychology and Cognition*, 28(6), 829–854. <https://doi.org/10.1080/13825585.2020.1830936>
- Goldman-Rakic, P. (1995). Cellular basis of working memory. *Neuron*, 14(3), 477-485. [https://doi.org/10.1016/0896-6273\(95\)90304-6](https://doi.org/10.1016/0896-6273(95)90304-6)
- Gómez-Pérez, E., Ostrosky-Solís, F. y Próspero-García, O. (2003). Desarrollo de la atención, la memoria y los procesos inhibitorios: relación temporal con la maduración de la estructura y la función cerebral. *Revista de Neurología*, 37(6), 561-567. <https://doi.org/10.33588/rn.3706.2003092>
- González Martín, E., Mendizábal de la Cruz, M. D. L. N., Jimeno Bulnes, N. y Sánchez Gil, C. (2019). Manifestaciones lingüísticas en personas mayores: el papel de la intervención logopédica en el envejecimiento sano y patológico. *Revista de Investigación en Logopedia*, 9(1), 29-50. <http://dx.doi.org/10.5209/RLOG.60770>
- Gorelick, P. B. y Nyehuis, D. (2012). Blood pressure and treatment of persons with hypertension as it relates to cognitive outcomes including executive function. *Journal of American society of hypertension*, 6(5), 309-315. <https://doi.org/10.1016/j.jash.2012.08.004>
- Gothe, N. P., Ehlers, D. K., Salerno, E. A., Fanning, J., Kramer, A. F. y McAuley, E. (2019). Physical Activity, Sleep and Quality of Life in Older Adults: Influence of Physical, Mental and Social Well-being. *Behavioral Sleep Medicine*, 18(6), 797–808. <https://doi.org/10.1080/15402002.2019.1690493>
- Grandner, M. A. (2017). Sleep, health, and society. *Sleep Medicine Clinics*, 12(1), 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2016.10.012>
- Gray-Burrows, K., Taylor, N., O'Connor, D. B., Sutherland, E., Stoet, G., & Conner, M. (2019). A systematic review and meta-analysis of the executive function-health behaviour relationship. *Health Psychology and Behavioral Medicine*, 7(1), 253–268. <https://doi.org/10.1080/21642850.2019.1637740>
- Guevara, M. A. y Hernández, M. (2006). *Registro y análisis automatizado de señales bioeléctricas cerebrales durante la ejecución sexual*. Universidad de Guadalajara,
- Guevara, M. A., Rizo Martínez, L. E., Robles Aguirre, F. A. y Hernández González, M. (2012). Prefrontal–parietal correlation during performance of the towers of Hanoi task in male

- children, adolescents and young adults. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2(1), 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2011.05.002>
- Guevara, M. A., Sanz-Martin, A., Hernández-González, M. y Sandoval-Carrillo, I. K. (2014). CubMemPC: Prueba computarizada para evaluar memoria a corto plazo visoespacial con y sin distractores. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 35(2), 1-12. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmib/v35n2/v35n2a6.pdf>
- Haghighayegh, S., Khoshnevis, S., Smolensky, M. H., Diller, K. R., & Castriotta, R. J. (2019). Accuracy of Wristband Fitbit Models in Assessing Sleep: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 21(11), e16273. <https://doi.org/10.2196/16273>
- Haken, H. (2013). *Principles of brain functioning: a synergetic approach to brain activity, behavior and cognition* (Vol. 67). Springer Science & Business Media.
- Halawa, I. F., El Sayed, B. B., Amin, O. R., Meguid, N. A. y Kader, A. A. A. (2017). Frontal theta/beta ratio changes during TOVA in Egyptian ADHD children. *Neurosciences Journal*, 22(4), 287-291. <https://doi.org/10.17712/nsj.2017.4.20170067>
- Health At a Glance 2019. (2019). En *Health at a glance*. Organization for Economic Cooperation and Development. <https://doi.org/10.1787/4dd50c09-en>
- Heidlmayr, K., Kihlstedt, M. y Isel, F. (2020). A review on the electroencephalography markers of Stroop executive control processes. *Brain and Cognition*, 146, 105637. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2020.105637>
- Hernández González, P. L., Rivera González, I. R., Escobar Ruiz, V. y Sánchez Pérez, C. (2015). Estimulación en el hogar, depresión materna, apoyo social y desarrollo cognitivo en niños con y sin hipotiroidismo congénito. *Investigación y Práctica en Psicología del Desarrollo*, 1, 31-38. <https://doi.org/10.33064/ippd1628>
- Herrmann, C. S., Strüber, D., Helfrich, R. F. y Engel, A. K. (2015). EEG oscillations: From correlation to casualty. *International journal of psychophysiology*, 103, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.02.003>
- Ho, A. J., Raji, C. A., Becker, J. T., Lopez, O. L., Kuller, L. H., Hua, X., Dinov, I. D., Stein, J. L., Rosano, C., Toga, A. W. y Thompson, P. M. (2010). The effects of physical activity,

- education, and body mass index on the aging brain. *Human Brain Mapping*, 32(9), 1371-1382. <https://doi.org/10.1002/hbm.21113>
- Hofmann, J., Ardelt-Gattinger, E., Paulmichl, K., Weghuber, D. y Blechert, J. (2015). Dietary restraint and impulsivity modulate neural responses to food in adolescents with obesity and healthy adolescents. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 23(11), 2183–2189. <https://doi.org/10.1002/oby.21254>
- Hofmann, W., Adriaanse, M., Vohs, K. D. y Baumeister, R. F. (2014). Dieting and the self-control of eating in everyday environments: An experience sampling study. *British Journal of Health Psychology*, 19(3), 523e539. <http://dx.doi.org/10.1111/bjhp.12053>.
- Hoyniak, C. (2017). Changes in the NoGo N2 event-related potential component across childhood: A systematic review and meta-analysis. *Developmental neuropsychology*, 42(1), 1-24. <https://doi.org/10.1080/87565641.2016.1247162>
- Hoyniak, C. P. (2017). Changes in the NOGo N2 Event-Related Potential Component Across Childhood: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Developmental Neuropsychology*, 42(1), 1–24. <https://doi.org/10.1080/87565641.2016.1247162>
- Hsieh, S. S., Huang, C. J., Wu, C. T., Chang, Y. K. y Hung, T. M. (2018). Acute Exercise Facilitates the N450 Inhibition Marker and P3 Attention Marker during Stroop Test in Young and Older Adults. *Journal of Clinical Medicine*, 7(11), 391. <https://doi.org/10.3390/jcm7110391>
- Hume, D. J., Howells, F. M., Rauch, H.G. L., Kroff, J. y Lambert, E. V. (2015). Electrophysiological indices of visual food cue-reactivity. Differences in obese, overweight and normal weight women. *Appetite*, 85, 126–137. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.11.012>
- Imperator, C., Fabbriatore, M., Innamorati, M., Farina, B., Quintiliana, M. I., Lamis, D. A., Mazzucchi, E., Contardi, A., Vollono, C. y Marca, G. D. (2014). Modification of EEG functional connectivity and EEG power spectra in overweight and obese patients with food addiction: An eLORETA study. *Brain imaging and behavior*, 9(4), 703-716. <https://doi.org/10.1007/s11682-014-9324-x>

- Injoque-Ricle, I., Barreyro, J. P., Calero, A. y Burin, D. I. (2017). Poder predictivo de la edad y la inteligencia en el desempeño de una tarea de planificación: Torre de Londres. *Avances en psicología latinoamericana*, 35(1), 107-116.  
<http://dx.doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/apl/a.4116>
- Instituto Nacional de Salud Pública. (2021). Encuesta nacional de salud y nutrición 2020 sobre Covid-19: Resultados nacionales. (C. O. Abúndez, Ed.).
- Itani, O., Jike, M., Watanabe, N. y Kaneita, Y. (2017). Short sleep duration and health outcomes: a systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Sleep medicine*, 32, 246-256.  
<https://doi.org/10.1016/j.sleep.2016.08.006>
- Jasinska, A. J., Yasuda, M., Burant, C. F., Gregor, N., Khatri, S., Sweet, M. y Falk, E. B. (2012). Impulsivity and inhibitory control deficits are associated with unhealthy eating in young adults. *Appetite*, 59(3), 738–747. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2012.08.001>
- Jia, X. y Kohn, A. (2011). Gamma rhythms In the brain. *PLoS Biology*, 9(4), e1001045.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001045>
- Jones, A. (2016). *A Cross-Sectional Investigation of Acute Aerobic Exercise Intensity on Attentional and Executive Control Processing during the Stroop Test in Healthy Aging: An ERP Study* [Tesis doctoral no publicada]. Coventry University.
- Kabuba, N., Menon, J. A., Franklin, D. R., Jr., Lydersen, S., Heaton, R. K. y Hestad, K. A. (2018). Effect of age and level of education on neurocognitive impairment in HIV positive Zambian adults. *Neuropsychology*, 32(5), 519–528.  
<https://doi.org/10.1037/neu0000438>
- Kahneman, D. y Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47(2), 263-291. <https://doi.org/10.2307/1914185>
- Kakuszi, B., Papp, S., Tombor, L., Balogh, L., Bitter, I., & Czobor, P. (2014). EPA-0645 – Neural correlates of impairments in conflict monitoring in ADHD: an event related potential (ERP) study. *European Psychiatry*, 29, 1. [https://doi.org/10.1016/s0924-9338\(14\)78019-8](https://doi.org/10.1016/s0924-9338(14)78019-8)
- Kang, C., Ma, F., Li, S., Kroll, J. F., & Guo, T. (2020). Domain-general inhibition ability predicts the intensity of inhibition on non-target language in bilingual word production:

An ERP study. *Bilingualism: Language and Cognition*, 23(5), 1056–1069.

<https://doi.org/10.1017/s1366728920000085>

- Kantor, J. R. (1980). *Psicología Interconductual: Un ejemplo de construcción científica sistemática*. Editorial Trillas. México.
- Kaur, S., Birdsill, A. C., Steward, K., Pasha, E., Kruzliak, P., Tanaka, H. y Haley, A. P. (2017). Higher visceral fat is associated with lower cerebral N-acetyl-aspartate ratios in middle-aged adults. *Metab Brain Dis*, 32(3), 727-733. <https://doi.org/10.1007/s11011-017-9961-z>
- Kelly, M. E., Loughrey, D., Lawlor, B. A., Robertson, I. H., Walsh, C. y Brennan, S. (2014). The impact of exercise on the cognitive functioning of healthy older adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing research reviews*, 16, 12-31. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2014.05.002>
- Kessler, Y., Baruchin, L. J. y Bouhsira-Sabag, A. (2017). Working memory updating occurs independently of the need to maintain task-context: accounting for triggering updating in the AX-CPT paradigm. *Psychological Research*, 81(1), 191–203. <https://doi.org/10.1007/s00426-015-0717-2>
- Kharabian-Masouleh, S., Arélin, K., Horstman, A., Lampe, L., Kipping, J. A., Luck, T., Riedel-Heller, S. G., Schroeter, M. L., Stumvoll, M., Villringer, A. y Witte, A. V. (2016). Higher body mass index in older adults is associated with lower gray matter volume: implications for memory performance. *Neurobiology of aging*, 40, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2015.12.020>
- Kivipelto, M., Mangialasche, F. y Ngandu, T. (2018). Lifestyle interventions to prevent cognitive impairment, dementia and Alzheimer disease. *Nature Reviews Neurology*, 14(11), 653-666. <https://doi.org/10.1038/s41582-018-0070-3>
- Kóbor, A., Takács, Á., Bryce, D., Szúcs, D., Honbolygó, F., Nagy, P. y Csépe, V. (2015). Children with ADHD show impairments in multiple stages of information processing in a Stroop task: An ERP study. *Developmental Neuropsychology*, 40(6), 329-347. <https://doi.org/10.1080/87565641.2015.1086770>

- Korostenskaja, M. y Kahkonen, S. (2009). What do ERPs and ERFs reveal about the effect of antipsychotic treatment on cognition in schizophrenia? *Current pharmaceutical design*, 15(22), 2573-2593. <https://doi.org/10.2174/138161209788957474>
- Krämer, U. M., Knight, R. T. y Münte, T. F. (2011). Electrophysiological evidence for different inhibitory mechanisms when stopping or changing a planned response. *Journal of cognitive neuroscience*, 23(9), 2481-2493. <https://doi.org/10.1162/jocn.2010.21573>
- Kutas, M. y Federmeier, K. (2011). Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62, 621-647. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>
- Lamm, C., Zelazo, P. D., & Lewis, M. D. (2006). Neural correlates of cognitive control in childhood and adolescence: Disentangling the contributions of age and executive function. *Neuropsychologia*, 44(11), 2139–2148. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.10.013>
- Landrigan, J., Bell, T., Crowe, M., Clay, O. y Mirman, D. (2019). Lifting cognition: a meta-analysis of effects of resistance exercise on cognition. *Psychological Research*, 84(5), 1167-1183. <https://doi.org/10.1007/s00426-019-01145-x>
- Lassale, C., Tzoulaki, I., Moons, K., Sweeting, M., Boer, J., Johnson, L., Huerta, J. M., Agnoli, C., Freisling, H., Weiderpass, E., Wennberg, P., van der A, D. L., Arriola, L., Benetou, V., Boeing, H., Bonnet, F., Colorado-Yohar, S. M., Engström, G., Eriksen, A. K., Ferrari, P., ... Butterworth, A. S. (2017). Separate and combined associations of obesity and metabolic health with coronary heart disease: a pan-European case-cohort analysis. *European heart journal*, 39(5), 397-406. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx448>
- Laureiro-Martínez, D. y Brusoni, S. (2018). Cognitive flexibility and adaptive decision-making: Evidence from a laboratory study of expert decision makers. *Strategic Management Journal*, 39(4), 1031-1058. <https://doi.org/10.1002/smj.2774>
- Lejuez, C. W., Read, J. P., Kahler, C. W., Richards, J. B., Ramsey, S. E., Stuart, G. L., Strong, D. R. y Brown, R. A. (2002). Evaluation of a behavioral measure of risk taking: The Balloon Analogue Risk Task (BART). *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8(2), 75–84. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.8.2.75>

- Letra, L., Santana, I. y Seíça, R. (2014). Obesity as a risk factor for Alzheimer's disease: the role of adipocytokines. *Metabolic brain disease*, 29(3), 563-568.  
<https://doi.org/10.1007/s11011-014-9501-z>
- Limbers, C. y Young, D. (2015). Executive functions and consumption of fruits/ vegetables and high saturated fat foods in young adults. *Journal Of Health Psychology*, 20(5), 602-611.  
<https://doi.org/10.1177/1359105315573470>
- Limbers, C., Egan, K. y Cohen, L. (2018). Executive functions and dietary behaviors in school-aged children. *International Journal of School Health*, 5(1), 1-7.  
<https://doi.org/10.5812/intjsh.61194>
- Liu, Y., Wheaton, A. G., Chapman, D. P., Cunningham, T. J., Lu, H., & Croft, J. B. (2014). Prevalence of Healthy Sleep Duration among Adults — United States, 2014. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 65(6), 137–141.
- Lozano, A. y Ostrosky, F. (2011). Desarrollo de las funciones ejecutivas y de la corteza prefrontal. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11(1), 159-172.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3640871>
- Luciana, M. y Nelson, C. A. (1998). The functional emergence of prefrontally-guided working memory systems in four-to eight-year-old children. *Neuropsychologia*, 36(3), 273-293.  
[https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(97\)00109-7](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(97)00109-7)
- Luck, S. J. y Kappenman, E. S. (2012). *The Oxford Handbook of Event-Related Potential Components*. In Oxford University Press.
- Ludyga, S., Gerber, M., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E. y Pühse, U. (2016). Acute effects of moderate aerobic exercise on specific aspects of executive function in different age and fitness groups: A meta-analysis. *Psychophysiology*, 53(11), 1611-1626.  
<https://doi.org/10.1111/psyp.12736>
- Ludyga, S., Gerber, M., Pühse, U., Looser, V. N. y Kamijo, K. (2020). Systematic review and meta-analysis investigating moderators of long-term effects of exercise on cognition in healthy individuals. *Nature Human Behaviour*, 4(6), 603–612.  
<https://doi.org/10.1038/s41562-020-0851-8>

- Lung, F., Chen, P. y Shu, B. (2018). Performance of Wisconsin Card Sorting Test in five-year-old children in Taiwan: Relationship to intelligence and cognitive development. *PLOS ONE*, *13*(8), e0202099. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202099>
- Lyvers, M., Mathieson, N., y Edwards, M. S. (2015). Blood alcohol concentration is negatively associated with gambling money won on the Iowa gambling task in naturalistic settings after controlling for trait impulsivity and alcohol tolerance. *Addictive Behaviors*, *41*, 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2014.10.008>
- Maner, J. K., Dittmann, A., Meltzer, A. L. y McNulty, J. K. (2017). Implications of life-history strategies for obesity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *114*(32), 8517–8522. <https://doi.org/10.1073/pnas.1620482114>
- Mapelli, D., Di Rosa, E., Cavalletti, M., Schiff, S. y Tamburin, S. (2014). Decision and dopaminergic system: a ERPs study of Iowa gambling task in Parkinson´s disease. *Frontiers in Psychology*, *5*, 684. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00684>
- Martín, R., Hernández, S., Rodríguez, C., García, E., Díaz, A. y Jiménez, J. E. (2012). Datos normativos para test de stroop: patrón de desarrollo de la inhibición y formas alternativas para su evaluación. *European journal of education and psychology*, *5*(2), 39-51. <https://doi.org/10.1989/ejep.v5i1.89>
- Massar, S. A. A., Kenemans, J. L., y Schutter, D. J. L. G. (2014). Resting-state EEG theta activity and risk learning: sensitivity to reward or punishment? *International journal of psychophysiology*, *91*, 172-177. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.10.013>
- Maurage, P., de Timary, P., Billieux, J., Collignon, M. y Heeren, A. (2014). Attentional Alterations in Alcohol Dependence Are Underpinned by Specific Executive Control Deficits. *Alcoholism, clinical and experimental research*, *38*(7), 2105–2112. <https://doi.org/10.1111/acer.12444>
- Maurer, U., Brem, S., Liechti, M., Maurizio, S., Michels, L. y Brandeis, D. (2015). Frontal midline theta reflects individual task performance in a working memory task. *Brain topography*, *28*(1), 127–134. <https://doi.org/10.1007/s10548-014-0361-y>

- McGeown, L. y Davis, R. (2018). Frontal EEG asymmetry moderates the association between attentional bias towards food and body mass index. *Biological psychology*, *136*, 151-160. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.06.001>
- Mejía-Arauz, R. (2015). Contrastes en el desarrollo sociocognitivo de niños en contextos urbanos y rurales o indígenas de México. En R. Mejía-Arauz (Coord.) *Desarrollo psicocultural de niños mexicanos*. (pp. 13- 43). ITESO.
- Michalec, J., Bezdicek, O., Nikolai, T., Harsa, P., Jech, R., Silhan, P., Hyza, M., Ruzicka E. y Shallice, T. (2017). A comparative study of London scoring systems and normative data. *Archives of clinical neuropsychology*, *32*, 328-338. <https://doi.org/10.1093/arclin/acw111>
- Miles, S., Howlett, C. A., Berryman, C., Nedeljkovic, M., Moseley, G. L. y Phillipou, A. (2021). Considerations for using the Wisconsin Card Sorting Test to assess cognitive flexibility. *Behavior research methods*, *53*(5), 2083-2091. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01551-3>
- Millán, E., Jiménez, C., Ospina, D. y Henao, O. (2015). Characterization of the EEG sensor BR8 plus: Steady-state and theta and beta rhythms verification using of the stroop effect for visual attention. *Actas de ingeniería*, *1*, 66-71.
- Mischel, W. (2015). *El test de la golosina: Cómo entender y manejar el autocontrol*. Debate.
- Miyake, A. y Friedman, N. P. (2012). The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions. *Current Directions in Psychological Science*, *21*(1), 8–14. <https://doi.org/10.1177/0963721411429458>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. y Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Moin, N., Asadi Gandomani, R. y Amiri, M. (2018). The effect of neurofeedback on improving executive functions in children with attention deficit/hyperactivity disorder. *Archives of Rehabilitation*, *19*(3), 220-227. <http://rehabilitationj.uswr.ac.ir/article-1-2317-en.html>

- Moraes, K. D. A., Leonardo, M. E. M. y Moreira, A. M. S. (2017). Effects of a cognitive training program and sleep hygiene for executive functions and sleep quality in healthy elderly. *Dementia & Neuropsychologia*, *11*(1), 69–78. <https://doi.org/10.1590/1980-57642016dn11-010011>
- Moriguchi, Y., Chevalier, N., y Zelazo, P. D. (2016). Editorial: Development of Executive Function during Childhood. *Frontiers in Psychology*, *7*(6). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00006>
- Morita, K. y Kato, A. (2014). Striatal dopamine ramping may indicate flexible reinforcement learning with forgetting in the cortico-basal ganglia circuits. *Frontiers in neural circuits*, *8*, 36. <https://doi.org/10.3389/fncir.2014.00036>
- Morra, S., Panesi, S., Traverson, L. y Usai, M. C. (2018). Which task measure what? Reflections on executive function development and a commentary on Podjarny, Kamawar, and Andrews (2017). *Journal of experimental child psychology*, *167*, 246-258. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.11.004>
- Mumtaz, W., Vuong, P. L., Xia, L., Malik, A. S. y Rashid, R. B. A. (2016). Automatic diagnosis of alcohol use disorder using EEF features. *Knowledge-based systems*, *105*(1), 48-59. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2016.04.026>
- Nawaz, R., Nisar, H. y Voon, Y. V. (01-03 de Marzo de 2021). Analyses of Stroop EEG using Event Related Potentials and Time-Frequency Decomposition. *2020 IEEE-EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES)*. Langkawi Island, Malaysia. <https://doi.org/10.1109/IECBES48179.2021.9398768>
- Nigg, J. T. (2016). Annual research review: on the relations among self-regulation, self-control, executive functioning, effortful control, cognitive control, impulsivity, risk-taking, and inhibition for developmental psychopathology. *Journal of child psychology and psychiatry*, *58*(4), 361-383. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12675>
- Nitschke, K., Köstering, L., Finkel, L., Weiller, C. y Kaller, C. P. (2016). A Meta-analysis on the neural basis of planning: Activation likelihood estimation of functional brain imaging results in the Tower of London task. *Human Brain Mapping*, *38*(1), 396–413. <https://doi.org/10.1002/hbm.23368>

- Northey, J., Cherbuin, N., Pampa, K., Smee, D. y Rattray, B. (2017). Exercise interventions for cognitive function in adults older than 50: a systematic review with meta-analysis. *British Journal Of Sports Medicine*, 52(3), 154-160.  
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096587>
- OCDE. (19 de Abril de 2023). *Horas trabajadas*. OCDE.  
<https://www.oecd.org/espanol/estadisticas/horas-trabajadas.htm>
- O'Halloran, L., Rueda-Delgado, L. M., Jollans, L., Cao, Z., Boyle, R., Vaughan, C., Coey, P. y Whelan, R. (2019). Inhibitory-control event-related potentials correlate with individual differences in alcohol use. *Addiction Biology*, 25(2), e12729.  
<https://doi.org/10.1111/adb.12729>
- Organización Mundial de la Salud (2006). *Manual de vigilancia STEPS de la OMS: el método STEPwise de la OMS para la vigilancia de los factores de riesgo de las enfermedades crónicas*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43580>
- Organización Mundial de la Salud (2016). *Obesidad y sobrepeso*.  
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Obesidad y sobrepeso*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Ouerchefani, R., Ouerchefani, N., Allain, P., Rejeb, M. R. B. y Le Gall, D. (2018). Relationship between executive function, working memory, and decision making on the Iowa gambling task: evidence from ventromedial patients, dorsolateral patients, and normal subjects. *Journal of neuropsychology*, 13(3), 432–461.  
<https://doi.org/10.1111/jnp.12156>
- Park, B., Seo, J., Yi, J. y Park, H. (2015). Structural and Functional Brain Connectivity of People with Obesity and Prediction of Body Mass Index Using Connectivity. *PLOS ONE*, 10(11), e0141376. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141376>
- Pavlov, I. (1975). *Reflejos condicionados e inhibiciones* (2a ed.). Ediciones Península.
- Pérez-Hernández, R., Flores-Hernández, S., Arredondo-López, A., Martínez-Silva, G. y Reyes-Morales, H. (2021). Sedentarismo laboral en distintos contextos ocupacionales en

- México: prevalencia y factores asociados. *Salud Pública de México*, 63(5), 653-661.  
<https://doi.org/10.21149/12541>
- Pérez-Lizaur, A., Castro-Becerra, A., Palacios-González, B. y Flores Galicia, I. (2014). *Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes*. (4a ed.). Grupo Editorial Éxodo.
- Peters, S. A. E., Huxley, R. R. y Woodward, M. (2014). Diabetes as a risk factor for incident coronary heart disease in women compared with men: a systematic review and meta-analysis of 64 cohorts including 858,507 individuals and 28,203 coronary events. *Diabetologia*, 57, 1542-1551. <https://doi.org/10.1007/s00125-014-3260-6>
- Phillips, L. H., Lawrie, L., Schaefer, A., Tan, C. Y. y Yong, M. H. (2021). The effects of adult ageing and culture on the Tower of London Task. *Frontiers in Psychology*, 12.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.631458>
- Phillips, L. H., Wynn, V., Gilhooly, K. J., Della Sala, S. y Logie, R. H. (1999). The Role of Memory in the Tower of London Task. *Memory, Current Directions in Psychological Science* 7(2), 209-231. <https://doi.org/10.1080/741944066>
- Phillips, L., Gilhooly, K., Logie, R., Della Sala, S. y Wynn, V. (2003). Age, working memory, and the Tower of London task. *European Journal of Cognitive Psychology*, 15(2), 291–312. <https://doi.org/10.1080/09541440244000148>
- Picken, C., Clarke, A. R., Barry, R. J., McCarthy, R. y Selikowitz, M. (2020). The theta/beta ratio as an index of cognitive processing in adults with the combined type of attention deficit hyperactivity disorder. *Clinical EEG and neuroscience*, 51(3), 167-173.  
<https://doi.org/10.1177/1550059419895142>
- Pilatti, A., Fernández, C., Viola, A., García, J. S., & Pautassi, R. M. (2017). Efecto recíproco de impulsividad y consumo de alcohol en adolescentes argentinos. *Salud y drogas*, 17(1), 107-120.
- Plano-Clark, V. L. (2010). The adoption and practice of mixed methods: US trends in federally funded health-related research. *Qualitative Inquiry*, 16(6), 428-440.  
<https://doi.org/10.1177/1077800410364609>
- Plano-Clark, V.L. (2013, Mayo 28). *Mixed Method Research, A Practical introduction for prevention researchers* [Investigación de método mixto, una introducción práctica para

- investigadores de prevención]. [Sesión de conferencia]. SPR Conference Workshop, San Francisco. <http://www.preventionresearch.org/wp-content/uploads/2012/08/Plano-Clark-SPR-PC-III.pdf>
- Puig, M. V., Gullledge, A. T., Lambe, E. K. y Gonzalez-Burgos, G. (2015). Editorial: Neuromodulation of executive circuits. *Frontiers in Neural Circuits*, 9(58). <https://doi.org/10.3389/fncir.2015.00058>
- Puig, M. V., Rose, J., Schmidt, R. y Freund, N. (2014). Dopamine modulation of learning and memory in the prefrontal cortex: insights from studies in primates, rodents, and birds. *Frontiers in Neural Circuits*, 8. <https://doi.org/10.3389/fncir.2014.00093>
- Qavam, S., Anisan, A., Fathi, M. y Pourabbasi, A. (2015). Study of relationship between obesity and executive functions among high school students in Bushehr, Iran. *Journal Of Diabetes y Metabolic Disorders*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s40200-015-0211-9>
- Qu, Y., Hu, H. Y., Ou, Y. N., Shen, X. N., Xu, W., Wang, Z. T., Dong, Q., Tan, L. y Yu, J. T. (2020). Association of body mass index with risk of cognitive impairment and dementia: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 115, 189-198. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.05.012>
- Raine, L. B. (2016). Obesity, Visceral Adipose Tissue, and Cognition in Childhood (Tesis de doctorado), University of Illinois at Urbana-Champaign. [https://core.ac.uk/display/158315521?utm\\_source=pdf&utm\\_medium=banner&utm\\_campaign=pdf-decoration-v1](https://core.ac.uk/display/158315521?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1)
- Raine, L., Khan, N., Drollette, E., Pontifex, M., Kramer, A. y Hillman, C. (2017). Obesity, Visceral Adipose Tissue, and Cognitive Function in Childhood. *The Journal Of Pediatrics*, 187, 134-140. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.05.023>
- Raman, J., Hay, P., Tchanturia, K. y Smith, E. (2018). A randomized controlled trial of manualized cognitive remediation therapy in adult obesity. *Appetite*, 123, 269–279. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.12.023>
- Re, R. N. (2009). Obesity-related hypertension. *The Ochsner journal*, 9(3), 133-136. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3096270/pdf/i1524-5012-9-3-133.pdf>

- Restrepo, J. E., Puello, M. J., Ramírez, J. S., Rivas, J. J. y Romero, J. T. (2017). Relaciones evolutivas entre la memoria de trabajo visoespacial y la planificación cognitiva en personas sanas con inteligencia normal con edades entre 10 y 30 años. *Diversitas: Perspectivas en Psicología*, 13(2), 229-240. <https://doi.org/10.15332/s1794-9998.2017.0002.07>
- Ribes, E. (2009). La personalidad como organización de los estilos interactivos. *Revista Mexicana de Psicología*, 26(2), 145-161. <https://www.redalyc.org/pdf/2430/243016315002.pdf>
- Rizo-Martínez, L. E., Sanz-Martin, A., Guevara, M. A., Hernández-González, M., Inozemtseva, O. y Robles-Aguirre, F. A. (2015). EEG Correlations during WCST performance in female adolescents with sexual abuse-related post-traumatic stress disorder. *Journal of behavioral and brain science*, 5, 239-250. <https://doi.org/10.4236/jbbs.2015.57025>
- Robbins, T. W. y Costa, R. M. (2017). Habits. *Current biology : CB*, 27(22), R1200–R1206. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.09.060>
- Rodríguez-Fernández, J. M., Danies, E., Martínez-Ortega, J. y Chen, W. C. (2017). Cognitive decline, body mass index and waist circumference in community-dwelling elderly participants: Results from a nationally representative sample. *Journal of geriatric psychiatry and neurology*, 30(2), 67-76. <https://doi.org/10.1177/0891988716686832>
- Roomkham, S., Lovell, D., Cheung, J. y Perrin, D. (2018). Promises and Challenges in the Use of Consumer-grade Devices for Sleep Monitoring. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 11, 53-67 <https://doi.org/10.1109/RBME.2018.2811735>
- Roselli, M., Matute, E. y Jurado, M. B. (2008). Las funciones ejecutivas a través de la vida. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 23-46. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3987451>
- Roselli, M. y Matute, E. (2010). Desarrollo cognitivo y maduración cerebral. En M. Roselli, E. Matute y A. Ardila. (Ed.) *Neuropsicología del desarrollo infantil*. (pp. 15-46) Manual Moderno.
- RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. [Software]. <http://www.rstudio.com/>

- Ruiz-Díaz, M. Amezcua-Gutiérrez, C. C. Hernández-González, M. y Guevara-Pérez, M. Á. (2010). Correlación y coherencia electroencefalográficas prefrontales en adultos normales. En M. Á. Guevara-Pérez, A. Contreras Gómez, M. Arteaga Silva, H. Bonilla Jaime y M. Hernández-González (Eds.), *Aproximaciones al estudio de la neurociencia del comportamiento* (pp. 289-311). Universidad Autónoma de Guerrero.
- Ryle, G. (2005). *El concepto de lo mental*. Grupo Planeta.
- Sadri Damirchi E, Akbari T, Mojarad A, Behbuei S. (2019). The Role of Stroop Performance in Predicting Sleep Quality and Quality of Life in the Elderly. *Salmand: Iranian Journal of Ageing*, 13 (5) :564-575. <https://doi.org/10.32598/SIJA.13.Special-Issue.564>
- Sahinoglu, B. y Dogan, G. (2016). Event-Related potentials and the stroop effect. *The Eurasian journal of medicine*, 48, 53-57. <https://doi.org/10.5152/eurasianjmed.2016.16012>
- Sánchez-López, J., Silva-Pereyra, J., Fernández, T., Alatorre-Cruz, G. C., Castro-Chavira, S. A., González-López, M. y Sánchez-Moguel, S. M. (2018). High levels of incidental physical activity are positively associated with cognition and EEG activity in aging. *PLOS ONE*, 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191561>
- Santacreu, J. y García-Leal, O. (2000). La utilización de tests comportamentales informatizados en el estudio de la personalidad: La evaluación de la persistencia. *Psicothema*, 12(1), 93-98.
- Sanz-Martín, A., Hernández-González, M., Guevara, M., Santana, G., Gumá-Díaz, E., y Amezcua, C. (2012). Effects of alcohol on the performance of the Tower of London task in relation to the menstrual cycle. *Behavioural Pharmacology*, 23(7), 637-649. <https://doi.org/10.1097/fbp.0b013e3283584748>
- Schmeichel, B. J. (2007). Attention control, memory updating, and emotion regulation temporarily reduce the capacity for executive control. *Journal of experimental psychology: General*, 136(2), 241. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.136.2.241>
- Schultz, W. (1998). Predictive reward signal of dopamine neurons. *Journal of Neurophysiology*, 80(1), 1-27. <https://doi.org/10.1152/jn.1998.80.1.1>
- Scurtu, M. C., Manzano-Arrondo, V. y Rodríguez, J. F. (2016). Stroop test software. The tastiva proposal. *Escritos de psicología*, 9(2), 47-52. <http://hdl.handle.net/11441/48837>

- Schutte, I., Kenemans, J. L. y Schutter, D. J. (2017). Resting-state theta/beta EEG ratio is associated with reward-and punishment-related reversal learning. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 17, 754-763. <https://doi.org/10.3758/s13415-017-0510-3>
- Schwartz, M. S. y Andrasik, F. (2016). *BioFeedback, Fourth Edition: A Practitioner's Guide*. Guilford Publications.
- Secretaria de Salud. (2012). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. Informe final de resultados*. Instituto Nacional de Salud Pública. Recuperado de <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2012/informes.php>
- Secretaria de Salud. (2016). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016. Informe final de resultados*. Instituto Nacional de Salud Pública. Recuperado de <https://www.insp.mx/avisos/4576-resultados-ensanut-mc-2016.html>
- Secretaria de Salud. (2018). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2018. Informe final de resultados*. Instituto Nacional de Salud Pública. Recuperado de [https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut\\_2018\\_presentacion\\_resultados.pdf](https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_presentacion_resultados.pdf)
- Sellaro, R., y Colzato, L. S. (2017). High body mass index is associated with impaired cognitive control. *Appetite*, 113, 301-309. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.03.008>
- Shafir, S., Wiegmann, D. D., Smith, B. H. y Real, L. A. (1999). Risk-sensitive foraging: choice behaviour of honeybees in response to variability in volume of reward. *Animal Behaviour*, 57(5), 1055-1061. <https://doi.org/10.1006/anbe.1998.1078>
- Shim, J., Oh, K. y Kim, H. (2014). Dietary assessment methods in epidemiologic studies. *Epidemiology And Health*, e2014009. <https://doi.org/10.4178/epih/e2014009>
- Skolov, A. A., Fournet, M., Brocard, C., Démonet, J. y Maeder-Ingvar, M. (2015). Selective EEG activation by the Stroop test in idiopathic generalized epilepsy. *Cortex*, 66, 173-175. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2015.01.013>
- Sokhadze, E. M., Casanova, M. F., Casanova, E. L., Lamina, E., Kelly, D. P. y Khachidze, I. (2017). Event-related potentials (ERP) in cognitive neuroscience research and applications. *NeuroRegulation*, 4(1), 14-14. <https://doi.org/10.15540/nr.4.1.14>

- Spauwen, P.J., Murphy, R.A., Jónsson, P.V., Sigurdsson, S., Garcia, M.E., Eiriksdottir, G., van Boxtel, M.P., Lopez, O.L., Gudnason, V., Harris, T.B. y Launer, L.J. (2017). Associations of fat and muscle tissue with cognitive status in older adults: the AGES-Reykjavik Study. *Age Ageing*, 46(2):250-257. <https://doi.org/10.1093/ageing/afw219>.
- Stock, A.-K., Rädle, M. y Beste, C. (2019). Methamphetamine-associated difficulties in cognitive control allocation may normalize after prolonged abstinence. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 88, 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2018.06.015>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643-662. <http://dx.doi.org/10.1037/h0054651>
- Stuss, D. T. (2011). Functions of the frontal lobes: relation to executive functions. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(5), 759-765. <https://doi.org/10.1017/s1355617711000695>
- Stuss, D. T. y Knight, R. T. (2013). Principles of frontal lobe function (2nd ed.). Oxford University Press.
- Sudfeld, C. R., McCoy, D. C., Danaei, G., Fink, G., Ezzati, M., Andrews, K. G. y W. Fawzi, W. F. (2015). Linear Growth and Child Development in Low- and Middle-Income Countries: A Meta-Analysis. *Pediatrics*, 135(5) 1-10. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-3111>
- Sweat, V., Yates, K., Migliaccio, R. y Convit, A. (2017). Obese Adolescents Show Reduced Cognitive Processing Speed Compared with Healthy Weight Peers. *Childhood Obesity*, 13(3), 190-196. <https://doi.org/10.1089/chi.2016.0255>
- Sweeney, A. M. y Culcea, I. (2017). Does a future-oriented temporal perspective relate to body mass index, eating and exercise? A meta-analysis. *Appetite*, 112, 272-285. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.02.006>
- Sweller, J., Ayres, P. y Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory Explorations in the learning sciences, instructional systems and performance technologies* (Vol. 1). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>

- Syme, C., Pelletier, S., Shin, J., Abrahamowicz, M., Leonard, G., Perron, M., Richer, L., Veillette, S., Gaudet, D., Pike, B., Strug, L. J., Wang, Y., Xu, H., Taylor, G., Bennett, S., Paus, T. y Pausova, Z. (2019). Visceral fat-related systemic inflammation and the adolescent brain: a mediating role of circulating glycerophosphocholines. *International Journal Of Obesity*, 43(6), 1223-1230. <https://doi.org/10.1038/s41366-018-0202-2>
- Tabiee, M., Azhdarloo, A. y Azhdarloo, M. (2023). Comparing executive functions in children with attention deficit hyperactivity disorder with or without reading disability: A resting-state EEG study. *Brain and Behavior*, e2951. <https://doi.org/10.1002/brb3.2951>
- Tanji, J., y Hoshi, E. (2008). Role of the Lateral Prefrontal Cortex in Executive Behavioral Control. *Physiological Reviews*, 88(1), 37-57. <https://doi.org/10.1152/physrev.00014.2007>
- Thatcher, R. W., Lubar, J. F. y Koberda, J. L. (2019). Z-score EEG biofeedback: past, present, and future. *Biofeedback*, 47(4), 89-103. <https://doi.org/10.5298/1081-5937-47.4.04>
- Tomé, D., Barbosa, F., Nowak, K., & Marques-Teixeira, J. (2014). The development of the N1 and N2 components in auditory oddball paradigms: a systematic review with narrative analysis and suggested normative values. *Journal of Neural Transmission*, 122(3), 375–391. <https://doi.org/10.1007/s00702-014-1258-3>
- Thompson, M. y Thompson, L. (2003). *The neurofeedback book*. AAPB
- Thompson, M. y Thompson, L. (2015). *The Neurofeedback Book: An Introduction to Basic Concepts in Applied Psychophysiology (2nd ed.)*. The Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback. Toronto
- Tirapu-Ustárrroz, J., Cordero-Andrés, P., Luna-Lario, P., & Hernández-Goñi, P. (2017). Propuesta de un modelo de funciones ejecutivas basado en análisis factoriales. *Revista De Neurologia*, 64(02), 75. <https://doi.org/10.33588/rn.6402.2016227>
- Toledo-Rojas, V. y Mejía-Arauz, R. (2015.) Desarrollo cognitivo, del lenguaje oral y el juego en la infancia. En R. Mejía-Arauz (Ed.) *Desarrollo psicocultural de niños mexicanos*. (pp. 45-74). ITESO.
- Tomé, D., Barbosa, F., Nowak, K. y Marques-Teixeira, J. (2014). The development of the N1 and N2 components in auditory oddball paradigms: a systematic review with narrative

- analysis and suggested normative values. *Journal of neural transmission*, 122(3), 375-391. <https://doi.org/10.1007/s00702-014-1258-3>
- Tracy, E. L., Berg, C. A., Kent De Grey, R. G., Butner, J., Litchman, M. L., Allen, N. A. y Helgeson, V. S. (2019). The Role of Self-regulation Failures and Self-care in the Link Between Daily Sleep Quality and Blood Glucose Among Adults with Type 1 Diabetes. *Annals of Behavioral Medicine*, 54, Pages 249–257 <https://doi.org/10.1093/abm/kaz044>
- Trans Cranial Technologies. (2012). *10/20 System positioning manual*. Wangchai. Trans Cranial Technologies Ltd. [https://www.transcranial.com/docs/10\\_20\\_pos\\_man\\_v1\\_0\\_pdf.pdf](https://www.transcranial.com/docs/10_20_pos_man_v1_0_pdf.pdf)
- Tyburski, E., Kerestey, M., Kerestey, P., Radoń, S. y Mueller, S.T. (2021). Assessment of Motor Planning and Inhibition Performance in Non-Clinical Sample—Reliability and Factor Structure of the Tower of London and Go/No Go Computerized Tasks. *Brain Sci.* 11, 1420. <https://doi.org/10.3390/brainsci11111420>
- Umegaki, H. (2014). Type 2 diabetes as a risk factor for cognitive impairment: current insights. *Clinical intervention in aging*, 9, 1011-1019. <https://doi.org/10.2147/CIA.S48926>
- van der Niet, A. G., Smith, J., Scherder, E. J. A., Oosterlaan, J., Hartman, E. y Visscher, C. (2014). Associations between daily physical activity and executive functioning in primary school-aged children. *Journal of science and medicine in sport*, 18(6), 673-677. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.006>
- van Dinteren, R., Arns, M., Jongsman, M. L. A. y Kessels, R. P. C. (2014). P300 development across the lifespan: A systematic review and meta-analysis. *Plos One*, 9(2), e87347. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087347>
- van Son, D., Rover, M., Blasio, F., der Does, W., Barry, R. y Putman, P. (2019). Electroencephalography theta/beta ratio covaries with mind wandering and functional connectivity in the executive control network. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1452(1), 52–64. <https://doi.org/10.1111/nyas.14180>
- van Son, D., Schalbroeck, R., Angelidis, A., van der Wee, N. J.A., van der Does, W. y Putman, P. (2018). Acute effects of caffeine on threat-selective attention: moderation by anxiety and EEG theta/beta ratio. *Biological Psychology*, 136, 100–110. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.05.006>

- Vaughn, B., Elmore-Staton, L., Shin, N. y El-Sheikh, M. (2014). Sleep as a Support for Social Competence, Peer Relations, and Cognitive Functioning in Preschool Children. *Behavioral Sleep Medicine*, *13*(2), 92-106.  
<https://doi.org/10.1080/15402002.2013.845778>
- Vecchio, F., Miraglia, F., Marra, C., Quaranta, D., Vita, M. G., Bramanti, P. y Rossini, P. M. (2014). Human brain networks in cognitive decline: A graph theoretical analysis of cortical connectivity from EEG data. *Journal of Alzheimer's disease*, *41*(1), 113-127.  
<https://doi.org/10.3233/JAD-132087>
- Vega-Michel, C. (2017). *Descuento temporal de ganancias y pérdidas en dominios de dinero y salud y su relación con variables de composición corporal*. [Tesis de doctorado]. Centro de Estudios e Investigaciones en Comportamiento, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, México.
- Vega-Michel, C. y Camacho, E. (2012). Variables sociodemográficas, hábitos de vida y niveles de cortisol en adultos de México. *Pensamiento psicológico*, *10*(2), 9-21.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/pepsi/v10n2/v10n2a03.pdf>
- Vincent, C. y Hall P. A. (2015). Executive Function in Adults With Type 2 Diabetes: A Meta-Analytic Review. *Psychosomatic Medicine*, *77*, 631-642  
<https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000103>
- Wang, W., Qi, M. y Gao, H. (2021). An ERP investigation of the working memory stroop effect. *Neuropsychologia*, *152*, 107752.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2021.107752>
- Warren, C., Riggs, N. y Pentz, M. (2016). Executive function mediates prospective relationships between sleep duration and sedentary behavior in children. *Preventive Medicine*, *91*, 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2016.07.024>
- Weber, E. U., Shafir, S., y Blais, A.-R. (2004). Predicting Risk Sensitivity in Humans and Lower Animals: Risk as Variance or Coefficient of Variation. *Psychological Review*, *111*(2), 430–445. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.111.2.430>

- Weissenbacher, A. (2014). Sally Satel and Scott Lilienfeld. Brainwashed: The Seductive Appeal of Mindless Neuroscience, *Theology and Science*, 12(1), 119-121, <http://dx.doi.org/10.1080/14746700.2013.868126>
- Wilke, J., Giesche, F., Klier, K., Vogt, L., Herrmann, E. y Banzer, W. (2019). Acute Effects of Resistance Exercise on Cognitive Function in Healthy Adults: A Systematic Review with Multilevel Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 49(6), 905-916. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01085-x>
- Willoughby, M., Wylie, A. y Catellier, D. (2018). Testing the association between physical activity and executive function skills in early childhood. *Early Childhood Research Quarterly*, 44, 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.03.004>
- Woltering, S., Chen, S. y Jia, Y. (2021). Neural Correlates of Attentional Bias to Food Stimuli in Obese Adolescents. *Brain topography*, 34(2), 182–191. <https://doi.org/10.1007/s10548-020-00812-2>
- Wyckoff, E.P., Evans, B.C., Manasse, S.M., Butryn, M.L. y Forman, E.M. (2017). Executive functioning and dietary intake: Neurocognitive correlates of fruit, vegetable, and saturated fat intake in adults with obesity. *Appetite*, 111, 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.12.039>
- Xu, S., Wang, M., Liu, Q., Wang, C. y Zhang, C. (2020). Exploring the valence-framing effect: Gain frame enhances behavioral and brain sensitivity to the failure of decision-making under uncertainty. *International Journal of Psychophysiology*, 153, 166–172. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.05.006>
- Yang, Y., Shields, G. S., Guo, C. y Liu, Y. (2018). Executive function performance in obesity and overweight individuals: A meta-analysis and review. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 84, 225–244. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.11.020>
- Yang, Y., Shields, G. S., Wu, Q., Liu, Y., Chen, H. y Guo, C. (2020). The association between obesity and lower working memory is mediated by inflammation: Findings from a nationally representative dataset of U.S. adults. *Brain, behavior, and immunity*, 84, 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2019.11.022>

- Yaple, Z. y Arsalidou, M. (2018). N-Back working memory task: Meta-analysis and normative fMRI studies with children. *Child development*, 89(6), 2010-2022.  
<https://doi.org/10.1111/cdev.13080>
- Zelazo, P. D. (2015). Executive function: Reflection, iterative reprocessing, complexity, and the developing brain. *Developmental Review*, 38, 55–68.  
<https://doi.org/10.1016/j.dr.2015.07.001>
- Zhang, D. W., Li, H., Wu, Z., Zhao, Q., Song, Y., Liu, L., Qian, Q., Wang, Y., Roodenrys, S., Johnstone, S. J., De Blasio, F. M. y Sun, L. (2019). Electroencephalogram Theta/Beta Ratio and Spectral Power Correlates of Executive Functions in Children and Adolescents With AD/HD. *Journal of attention disorders*, 23(7), 721–732.  
<https://doi.org/10.1177/1087054717718263>
- Zhang, W., De Beuckelaer, A., Chen, L. y Zhou, R. (2019). ERP Evidence for Inhibitory Control Deficits in Test-Anxious Individuals. *Frontiers in psychiatry*, 10, 645.  
<https://doi.org/10.3389/fpsy.2019.00645>

## Apéndices

### Apéndice A

#### Instrucciones Previas a Cita para el Estudio y Uso de Fitbit

La cita será entre las 9 am y 1 pm, favor de acudir con puntualidad.

Requisitos importantes que seguir:

- No comida 2 horas y media previas a la cita
- No café o bebidas con cafeína 3 horas previas a la cita
- No ejercicio exhaustivo 3 horas previas a la cita
- No tabaco en la hora previa a la cita
- No alcohol o drogas el día anterior a la cita
- Venir vestidos de tal manera que se puedan quedar únicamente con ropa interior o traje de baño para las mediciones antropométricas

Instrucciones de uso del fitbit

Es importante que siga las siguientes instrucciones de manejo y recarga del reloj Fitbit.

- **No** quitarse el Fitbit para dormir, nadar, ni bañarse.
- No retirar ni raspar la pintura negra que recubre la pantalla del Fitbit.
- El Fitbit se retirará únicamente para recargarlo después de recibir la primera llamada de recordatorio, al recibir la segunda llamada, volver a ponerse el reloj.
- En caso de que el reloj emita algún tipo de vibración, ignorarlo.

## Apéndice B

### Carta de Consentimiento Informado

Fecha: \_\_\_\_\_

Gracias por aceptar participar en este estudio.

El presente estudio tiene dos objetivos: 1) conocer sobre el desempeño en tareas relacionadas con funciones cognitivas (la forma en como resuelves ciertos problemas), y de qué manera esto se relaciona esto con tus hábitos, indicadores de salud y composición corporal, 2) identificar la relación entre funciones cognitivas y lenguaje.

El estudio consiste en lo siguiente: primero te solicitaremos que respondas a un cuestionario de datos generales, historia clínica y hábitos, posteriormente que respondas ante seis tareas cognitivas (duración aproximada de 1:30, una hora y treinta minutos). A la mitad de la aplicación de las pruebas cognitivas (después de realizar 3 de éstas), se te realizará un estudio (Duración: 10 minutos) sobre composición corporal, circunferencia abdominal y presión arterial, los requisitos son: llevar ropa cómoda, tener un ayuno de por lo menos 2.5 horas, no haber consumido café 3 horas antes, ni alcohol u otras drogas 24 horas antes y no usar nada de metal durante la prueba.

En los días cercanos a la evaluación se te proporcionará una pulsera FitBit, la cual nos ayudará a monitorear ciertos hábitos, esta pulsera debe permanecer de forma continua en tu muñeca (excepto para carga eléctrica), te deberás bañar y dormir con el Fitbit puesto (incluso puedes nadar con el reloj). Uno de los investigadores se mantendrá en contacto contigo para indicar los momentos en los que se requiera cargarla eléctricamente y para agendar visitas a donde tú nos indiques para la recolección de los datos acumulados en la pulsera (este registro dura entre una semana y 30 días).

Toda la información que nos proporciones será tratada de manera confidencial y utilizada únicamente para fines científicos. Tu participación en este estudio es voluntaria y en cualquier momento puedes decidir abandonar la tarea una vez iniciada.

Estoy informado del proyecto y acepto participar:

Nombre y firma del participante

Fernando Alcaraz Mendoza (Doctorado en Investigación Psicológica: Neurociencia y Conducta)

ITESO A.C. Contacto: 3334963107, biossfer@iteso.mx

Angélica Gutiérrez Cisneros (Licenciatura en psicología) U. de G.

**Apéndice C****Cuestionario de Hábitos de Salud**

A continuación, te pedimos llenar los siguientes datos, los cuales son confidenciales, sólo serán utilizados para el control de la investigación.

Nombre: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_ Años de escolaridad \_\_\_\_\_

Cantidad de horas que duermes, en promedio por día: \_\_\_\_\_

Hora habitual en la que sueles despertarte diariamente: \_\_\_\_\_

Padeces alguna enfermedad: \_\_\_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_

¿Tomas algún medicamento? \_\_\_\_\_ ¿Cuáles? \_\_\_\_\_

Cantidad de cigarros fumados por día, en promedio: \_\_\_\_\_

Cantidad, en promedio, de alcohol ingerido por semana: \_\_\_\_\_

¿Con qué frecuencia hay evento de consumo excesivo? \_\_\_\_\_

Porciones de Fruta \_\_\_\_\_

Porciones de Verdura \_\_\_\_\_

¿Realizas algún tipo de actividad física cotidianamente? \_\_\_\_\_

¿Cuál? \_\_\_\_\_ ¿Cuántas horas a la semana? \_\_\_\_\_

¿Consumes café? \_\_\_\_\_ ¿Cuántas tazas al día? \_\_\_\_\_

¿Consumo de alguna droga? \_\_\_\_\_

¿Estado Civil? \_\_\_\_\_ No. Hijos \_\_\_\_\_

Gracias por tu cooperación.

## Apéndice D

### Cuestionario de Hábitos Modificados Durante Contingencia COVID-19

Nombre:

ID:

Participante:

Subraya la respuesta que más aplique a ti:

A partir de la crisis de salud derivada del Coronavirus (COVID-19) y de que el gobierno del estado indicó la reducción de las actividades fuera de casa:

1.- El tiempo de desplazamiento en automóvil se:

Redujo            Mantuvo            Incrementó

2.- El tiempo dedicado en el espacio físico laboral se:

Redujo            Mantuvo            Incrementó

3.- El tiempo que paso en casa se:

Redujo            Mantuvo            Incrementó

4.- El tiempo que dedico a actividad física programada (ejercicio, deporte, etc.) se:

Redujo            Mantuvo            Incrementó

5.- El tiempo que paso frente a pantallas se:

Redujo            Mantuvo            Incrementó

6.- Las distancias que suelo caminar se:

Reducieron            Mantuvieron            Incrementaron

7.-La cantidad total de sueño diaria se:

Redujo            Mantuvo            Incrementó

## Apéndice E

### Medidas de Consumo de Alcohol

**Tabla E1.**

*Equivalencias de consumo de alcohol.*

<b>Tipo de alcohol</b>	<b>Unidades de alcohol</b>
Caballito de 1 onza de destilado	1
2 onzas de Bailey`s, ron de coco, licor 43	1
Cerveza normal 350 ml	1
Cerveza artesanal suave	1
Cerveza artesanal fuerte (5 o 5.5 grados de alcohol)	1.5
Caguama	3

Para leer por parte del investigador frente al sujeto de investigación:

"En las últimas dos semanas ¿cuántas unidades de alcohol has tomado?", este consumo ¿es similar al que has tenido los últimos 6 meses?, de contestar no: ¿cuántas unidades por semana aproximadamente has consumido en los últimos 6 meses?

MUJER ¿En cuántas ocasiones en un mes llegas a consumir 4 o más tragos en un día? (Contestar con números)

HOMBRE ¿En cuántas ocasiones en un mes llegas a consumir 5 o más tragos en un día? (Contestar con números)

## Apéndice F

## Medidas de Consumo de Frutas, Verduras y Raciones

Tabla F1.

*Medidas de consumo de frutas y raciones.*

Frutas	Ración
Papaya, sandía	1 taza
Chabacano	4 piezas chicas
Granada roja	1 pieza chica
Durazno	2 piezas chicas
Frambuesa, piña	1 taza
Fresa, melón	1 taza
Naranja en gajos	1 taza
Guanábana	240 gr
Kiwi	1 ½ piezas
Lima	3 piezas chicas
Maracuyá	1 pieza chica
Moras	¾ pieza
Pera	½ pieza
Zarzamora	¾ pieza
Toronja en gajos	1 taza
Manzana	1 pieza
Manzana cocida	¾ taza
Tuna	2 piezas
Tejocotes	10 piezas
Uvas	10 piezas (1/2 taza)

**Tabla F2.***Medidas de consumo de verduras y raciones.*

<b>Frutas</b>	<b>Ración</b>
Berros, espinacas, acelga, champiñones, setas crudas	2 tazas
Col, flor de calabaza, lechuga, pepino, pimiento, rábano, verdolaga	2 tazas
Acelga, coliflor, chícharo, brócoli cocido	½ taza
Calabaza cocida	1 taza
Champiñones y espinacas cocidas	¾ taza
Jitomate, romeritos cocidos, verdolagas cocidas, chayotes cocidos	1 taza
Chícharo crudo	1 taza
Huitlacoche, jícama, zanahoria cocida	½ taza
Nopal cocido, apio crudo	1 taza

**Apéndice G****Orden de Contrabalanceo del Diseño de Investigación**

1. Torres – Lenguaje – Flexibilidad – Globos (BART) – Fluidez Verbal – Stroop
2. Stroop – Fluidez Verbal – Globos (BART) – Flexibilidad – Lenguaje – Torres
3. Stroop – Lenguaje – Flexibilidad – Globos (BART) – Fluidez Verbal – Torres
4. Torres – Fluidez Verbal – Globos (BART) – Flexibilidad – Lenguaje – Stroop

## Apéndice H

### Formato de la Báscula TANITA ®

Figura H1.

Formato de lectura de composición corporal TANITA (TANITA, 2021).

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad (años): \_\_\_\_\_ Estatura (m): \_\_\_\_\_ IMC (kg/m<sup>2</sup>): \_\_\_\_\_

Dx: \_\_\_\_\_

FECHA	HORA									
		Peso	% Grasa corporal	% Agua corporal	Masa muscular	Valoración física	DCI/BMR	Fried melabólica	Masa ósea	Grasa Visceral



Nota: La imagen se encuentra adaptada de su versión original.

## Apéndice I

### Formato de Reporte de Resultados para Participantes

#### Figura II.

*Ejemplo de formato de reporte de resultados de los participantes.*



## Apéndice J

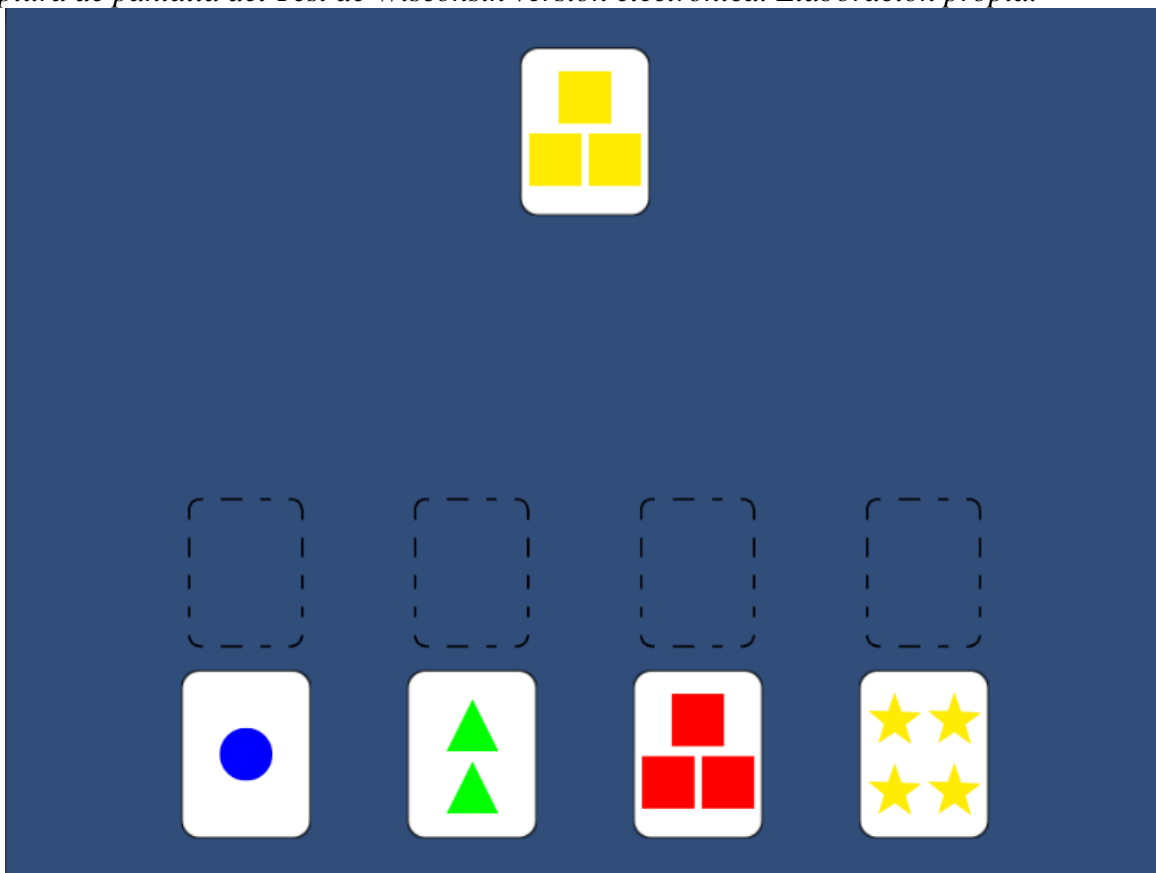
### Pruebas Cognitivas Aplicadas

#### Test de Wisconsin

En esta tarea lo que tiene que hacer es arrastrar la carta que se le presenta arriba, frente a alguna de las cinco cartas muestra que se le presentan en la parte de abajo de la pantalla de acuerdo con como usted considere que se relacionan o clasifican (la carta deberá colocarse en el recuadro punteado), si la clasificación que usted hace es acertada le aparecerá el letrero de correcto y lo correspondiente si es incorrecto (Véase Figura J1).

#### Figura J1.

*Captura de pantalla del Test de Wisconsin versión electrónica. Elaboración propia.*

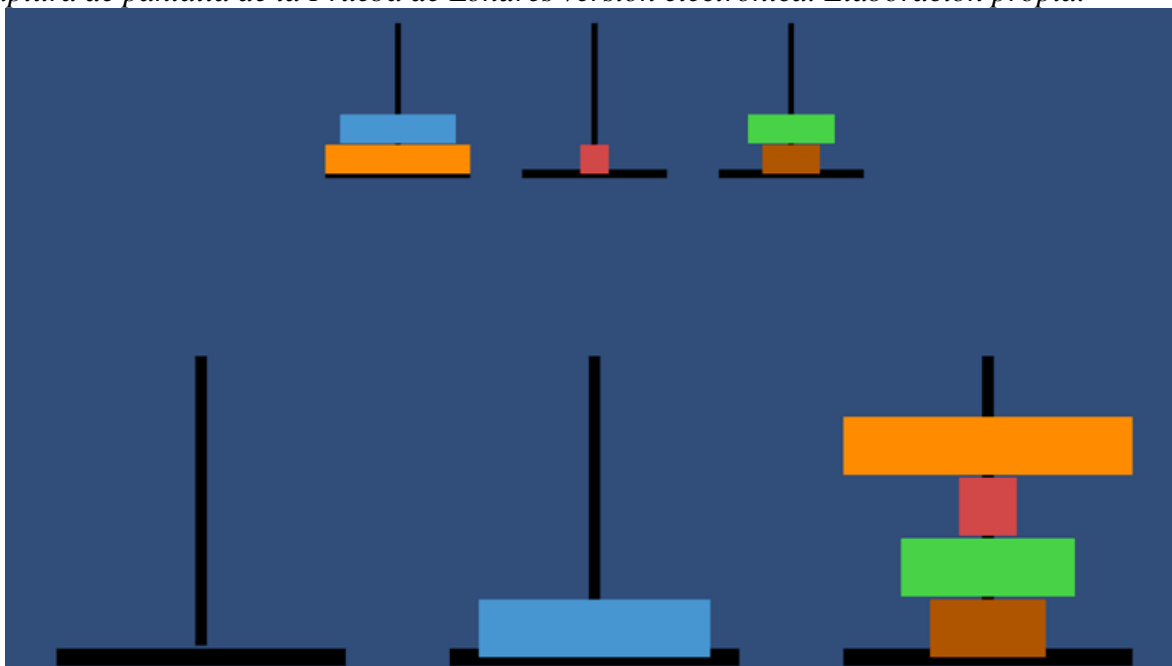


### Prueba Torre de Londres

El objetivo de esta tarea es igualar la figura inferior a la imagen que se presenta en la parte superior de la pantalla, utilizando el tablero y las piezas de esta. Esto debe lograrse con la menor cantidad de movimientos posibles y respetando las siguientes reglas: únicamente podrá mover una pieza a la vez, en el palo intermedio no deberá haber más de dos piezas y en el mismo palo no deberá haber una pieza pequeña debajo de una grande. A continuación, realizarás un ejercicio breve para asegurar que se comprendieron las instrucciones (Véase Figura J2).

#### Figura J2.

*Captura de pantalla de la Prueba de Londres versión electrónica. Elaboración propia.*

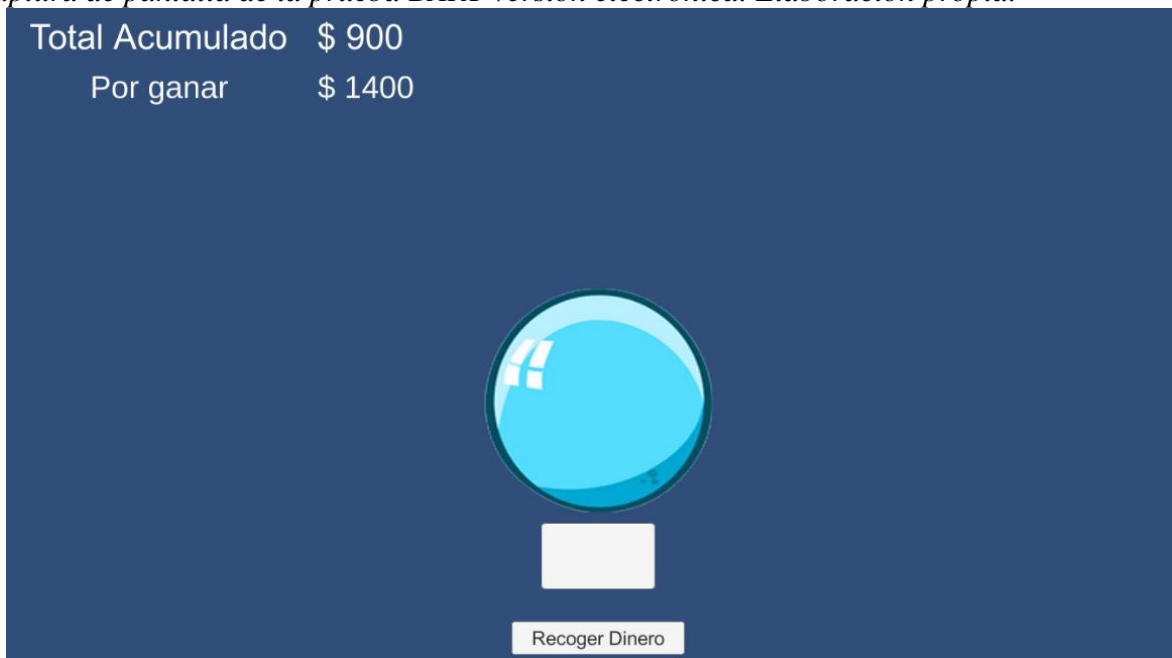


## Prueba BART

El objetivo de esta prueba es ganar la mayor cantidad de dinero posible. Para ello tendrás que inflar el globo que aparece en el centro de la pantalla, haciendo clic con el ratón en el recuadro blanco que se encuentra debajo de éste, por cada clic que des obtendrás dinero, sin embargo, para ganar el dinero deberás recolectarlo, si el globo revienta antes de que recojas el dinero, el dinero de ese ensayo se perderá (Dinero por ganar), cuando recoges el dinero terminas con el ensayo y no podrás seguir inflando ese globo. La prueba incluye múltiples ensayos (globos) (Véase Figura J3).

### Figura J3.

*Captura de pantalla de la prueba BART versión electrónica. Elaboración propia.*



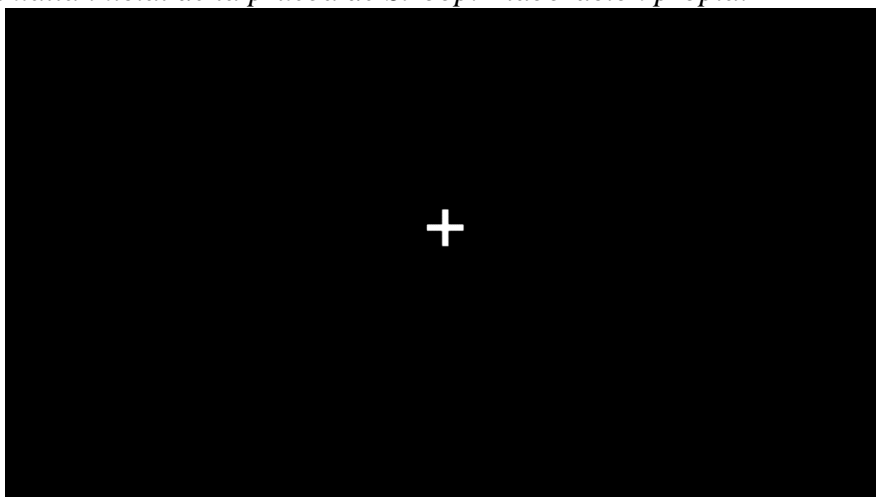
## Prueba STROOP

Esta prueba consiste en varios momentos.

En el momento uno aparecerá una cruz, lo que indica que tienes que prestar atención a ese elemento (Véase Figura J4).

### Figura J4.

*Captura de pantalla inicial de la prueba de Stroop. Elaboración propia.*



En un segundo momento aparecerá una palabra – el nombre de un color- que podrá o no ser congruente con el color en el que está pintada (Véase Figura J5 y Figura J6).

**Figura J5.**

*Captura de pantalla prueba Stroop ejemplo congruente. Elaboración propia.*

**Figura J6.**

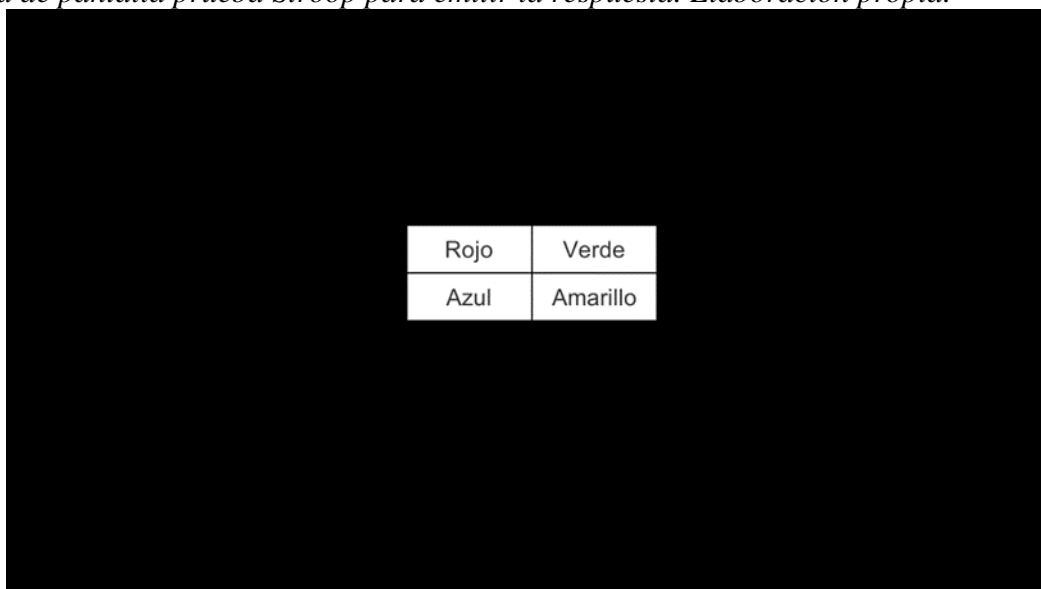
*Captura de pantalla prueba Stroop ejemplo incongruente. Elaboración propia.*



En un tercer momento aparecerá la pantalla para responder (Véase Figura J7).

**Figura J7.**

*Captura de pantalla prueba Stroop para emitir la respuesta. Elaboración propia.*



En esta pantalla tu deberás hacer clic en el botón correspondiente al color en el que estaba ILUMINADA la palabra de la pantalla anterior, deberás hacerlo lo más rápido posible.

## Apéndice K

### Validación de pruebas cognitivas

#### **Diferencias en la Respuesta ante Estímulos Congruentes e Incongruentes, así como el Efecto de la Secuencia en una Prueba Computarizada de Stroop**

##### ***Objetivos***

Evaluar si la configuración de la prueba (número y tipo de estímulos, tiempos de presentación de estímulo y ventana de respuesta) generan el efecto Stroop (mayor tiempo de respuesta y porcentaje de errores en estímulos incongruentes (color de texto distinto a color referido en palabra e. g. **rojo**) respecto de congruentes (mismo color de texto que el referido e. g. **rojo**), y variaciones en estos parámetros como efecto del orden en la secuencia de estímulos).

##### ***Preguntas de investigación***

¿Existen diferencias en el tiempo de reacción o el porcentaje de errores ante estímulos congruentes o incongruentes en un protocolo de prueba de Stroop computarizado?

¿La secuencia de estímulos afecta el tiempo de reacción o porcentaje de errores ante estímulos congruentes o incongruentes?

##### ***Participantes***

Participaron 30 estudiantes de licenciatura (22 mujeres), bajo el beneficio de créditos académicos, con edades comprendidas entre los 18 y los 37 años, sin antecedentes referidos de

enfermedades neurológicas y sin presencia de alguna enfermedad aguda o crónica al momento de la evaluación.

### ***Instrumentos***

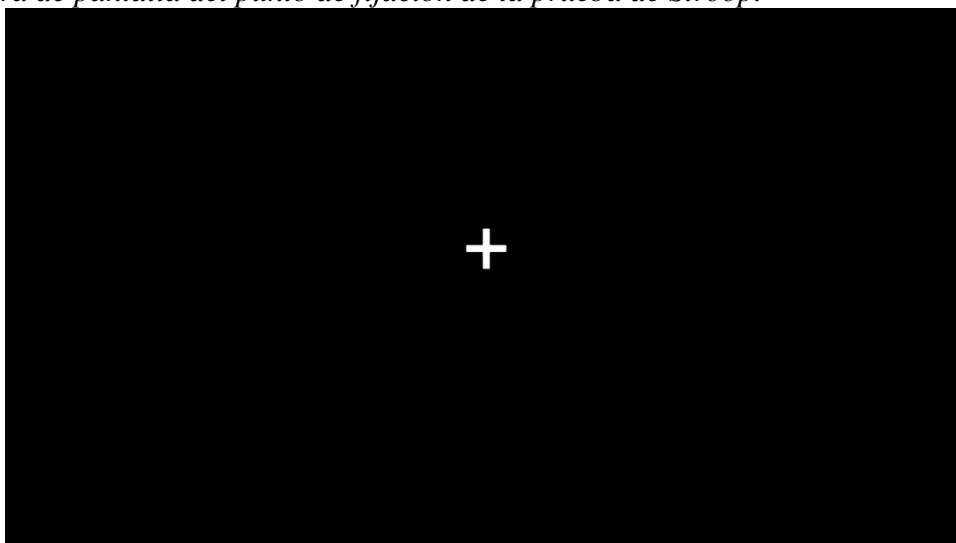
Se aplicaron dos protocolos distintos (A y B). La diferencia entre ambos protocolos fue el tiempo que la pantalla para responder estuvo disponible como se detalla a continuación:

**Prueba de Stroop.** En esta versión de la prueba de Stroop el participante debe responder al color de la palabra independientemente de lo que diga la palabra, un 50% de los estímulos son congruentes (total 400 estímulos), es decir que la palabra hace referencia a su propio color (Véase Figura K2) y el otro 50% de las palabras son incongruentes, es decir que la palabra hace referencia a un color distinto al propio (Véase Figura K3), los estímulos se encuentran entre mezclados de manera aleatoria (Los colores utilizados son: VERDE, AMARILLO, ROJO y AZUL). En cada ensayo de esta prueba existen tres momentos, el primero corresponde al punto de fijación que es una cruz en el centro de la pantalla que indica el punto donde el participante deberá fijar su atención y se presenta con una duración de 500 milisegundos (Véase Figura K1), el segundo es el estímulo blanco ya descrito, que en un monitor de 14 pulgadas mide 6 cm aproximadamente, este estímulo se presenta en pantalla por aproximadamente 600 milisegundos y el tercero es la pantalla para responder que implica cuatro botones que aparecen en el centro de la pantalla con los nombres de los estímulos utilizados (Véase Figura K4), el tiempo que la pantalla para responder está disponible, varía de manera aleatoria bajo los siguientes criterios: en el ‘protocolo “A” la ventana de tiempo para responder varió de manera aleatoria con los siguientes tiempos 800, 850, 900, 950 y 1000 milisegundos, mientras que el protocolo “B” varió

igualmente de manera aleatoria con los siguientes tiempos 1000, 1050, 1100, 1150 y 1200 milisegundos. Previo el inicio de cada prueba se realiza un ejercicio de práctica con 10 estímulos de cada tipo, el aplicador debe asegurarse que el participante ha comprendido las instrucciones al ejecutar y resolver la tarea con un 50% de efectividad, de lo contrario se repetirán las instrucciones, así hasta en dos ocasiones posteriores a la instrucción inicial, si el participante no logra resolver este ejercicio satisfactoriamente no se continúa con la evaluación. Las variables registradas son tiempo de reacción y porcentaje de errores (ambas variables para estímulos congruentes e incongruentes por separado).

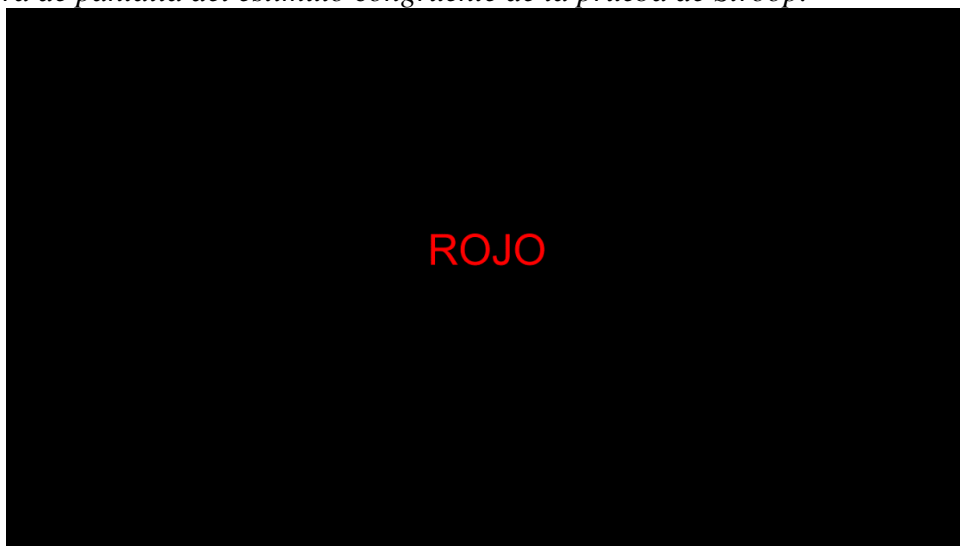
**Figura K1.**

*Captura de pantalla del punto de fijación de la prueba de Stroop.*



**Figura K2.**

*Captura de pantalla del estímulo congruente de la prueba de Stroop.*

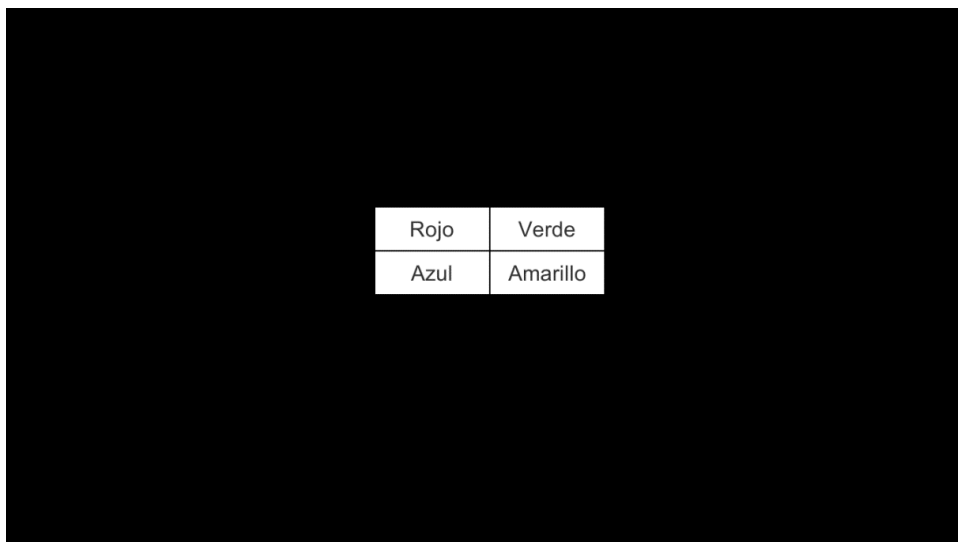
**Figura K3.**

*Captura de pantalla del estímulo incongruente de la prueba de Stroop.*



**Figura K4.**

*Captura de pantalla para responder de la prueba de Stroop.*

***Procedimiento***

La aplicación de la prueba se realizó en dos locaciones con las siguientes características: un cubículo de 2 x 3.5 metros y un cubículo de 3 x 4 metros, ambos con mobiliario de oficina (sillas, un escritorio, un sillón o reposet) y relativamente aislados de ruido e iluminados con luz artificial. Todas las pruebas fueron aplicadas entre las 9 am y las 6 pm. Todos los participantes realizaron ambos protocolos (A y B), de manera contrabalanceada y en días distintos.

**Criterios de exclusión.** No terminar la evaluación, presentar valores extremos en los resultados (exclusión parcial).

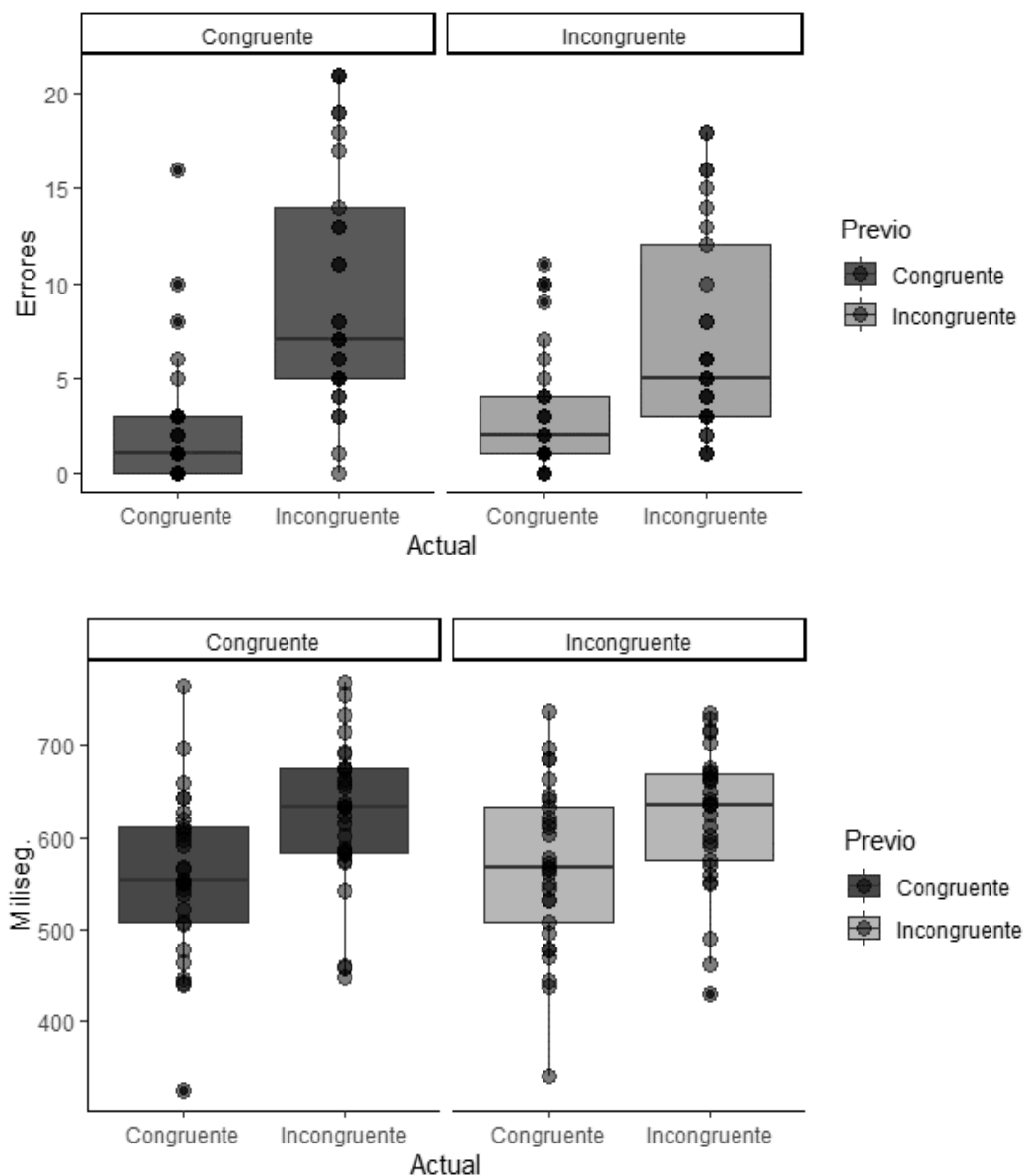
**Análisis de datos.** Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk con el fin de evaluar la normalidad de las distintas variables y debido a la falta de esta Finalmente se realizó un análisis para modelos lineales generalizados, para evaluar tanto las diferencias entre las variables de errores (Err.) y tiempo de reacción (RT por sus siglas en inglés) en función de los estímulos congruentes (C) e incongruentes (I), como para evaluar para evaluar el efecto de orden secuencial utilizado, clasificando los datos en CC, CI, IC y CC, para las variables Err. y RT, tomando en cuenta las distribuciones de los datos obtenidos (e.g. Poisson). En los análisis se decidió eliminar uno de los participantes que presentó datos extremos en su respuesta. Previamente, una vez aplicados los dos protocolos a 18 participantes se realizó un análisis preliminar, en el que se identificó que el protocolo “A” no estaba generando la tendencia esperada en el efecto Stroop en la secuencia de estímulos, por lo que el resto del experimento se realizó únicamente con el protocolo “B”. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa RStudio (RStudio Team, 2020).

### ***Resultados***

En la Figura K5 se presentan los resultados obtenidos en la prueba de Stroop. Se obtuvieron diferencias significativas ( $p < .05$ ) entre la respuesta a la configuración de estímulo (incongruente precedido por congruente) respecto de las demás configuraciones. Adicionalmente el análisis estadístico reveló diferencias significativas ( $p < .0005$ ) en la respuesta (errores y RT) a estímulos congruentes e incongruentes.

Figura K5.

Errores (parte superior) y tiempo de respuesta (parte inferior) obtenido en la prueba de Stroop.



Nota. Se muestra la distribución de los datos generados por la aplicación de la prueba de Stroop en diagrama de caja (dividiendo los resultados en cuartiles), en función de la secuencia de estímulos (de izquierda a derecha estímulo congruente precedido de estímulo congruente, estímulo incongruente precedido de estímulo congruente, estímulo congruente precedido de estímulo incongruente y estímulo incongruente precedido de estímulo incongruente), el panel de arriba muestra los errores cometidos por los participantes, mientras que el panel de abajo muestra el tiempo de reacción.

## **Cambios en Función de la Edad en Distintos Parámetros de Respuesta de la Prueba de Cartas de Wisconsin y la Prueba de Torre de Londres Modificada**

### ***Objetivo general***

Comparar los resultados de la ejecución de las pruebas de cartas de Wisconsin y la prueba de Torre de Londres Adaptada (ATL por sus siglas en inglés) con lo reportado en estudios precedentes<sup>1</sup>.

### ***Objetivos específicos***

- Comparar el número de respuestas correctas promedio generado por la muestra seleccionada en la prueba de CFL de SMART-B versión Psicotests, con los parámetros normativos de su homóloga en la batería BANFE-2 (Flores et al., 2014) en los rangos de 20-30 y 31-55 años.
- Comparar el número de categorías logradas por el segmento de 20-30 años de la muestra analizada, con los datos reportados en el metaanálisis realizado por Rhodes (2004) a partir de una muestra de 1280 participantes con un promedio de edad de 24.5 años.
- Comparar el tiempo de planeación, tiempo de realización de movimientos y niveles alcanzados con el mínimo de movimientos realizado por los segmentos de 20-30, 31-40 y 41-60 años de la muestra analizada, con lo reportado por Philips et al. (2003), en el que presenta una muestra de 72 participantes dividida en dos rangos de edad (18-30 “Young” y 60-76 “old”).

---

<sup>1</sup> Los datos fueron tomados de una muestra más grande, que originalmente fue evaluada con el objetivo de identificar factores de predictibilidad en funciones ejecutivas respecto de deudas económicas vencidas.

### ***Preguntas de investigación***

¿Existen variaciones en la ejecución de las pruebas de cartas de Wisconsin y ATL en función de la edad?

¿La ejecución ante estas pruebas y sus variaciones en función de la edad son similares a las que se reportan en la literatura y en pruebas homólogas estandarizadas?

### ***Participantes***

Participaron 54 adultos con edades entre los 20 y los 60 años (27 mujeres), mexicanos, con estudios mínimos de preparatoria, sin enfermedades crónicas o agudas al momento de la aplicación de las pruebas, la selección de participantes fue por muestreo a conveniencia, para su análisis la muestra fue dividida de la siguiente manera (se excluyen las muertes experimentales): Se generaron diversos cortes de edad, estos correspondieron a los cortes de edad utilizados en los experimentos contra los que se contrastaron los resultados de las pruebas o cuando correspondió, a pruebas estandarizadas (Véase Tabla K1).

### **Tabla K1.**

*Muestra utilizada en la validación de las pruebas de Wisconsin y ATL.*

<b>Rango de edad (años)</b>	<b>Wisconsin (participantes)</b>	<b>ATL (participantes)</b>
21-30	16	18
31-40	17	19
31-55	29	31
41-60	17	19

*Nota:* Muestra estratificada por edad para ajustarse a los rangos utilizados en los antecedentes a contrastar.

**Análisis de datos.** Para el análisis de datos de la prueba de cartas de Wisconsin la muestra sufrió 4 muertes experimentales, dos en el rango de los 20-30 años y 2 en el rango de los 31-55 años, por otra parte, la prueba de Torre de Londres sufrió una muerte experimental en el

rango de los 31-40 años. Para evaluar las diferencias significativas entre grupos se realizaron pruebas ANOVA y se aplicó la prueba Tukey para los análisis Post Hoc.

### *Instrumentos*

**Prueba de planeación.** Esta prueba es una adaptación electrónica de la Torre de Londres (ATL), en la que el participante tiene que igualar la imagen presentada en la parte superior de la pantalla, utilizando el tablero y las piezas de la parte inferior; esto debe lograrse con la menor cantidad de movimientos posibles y respetando las siguientes reglas: únicamente podrá mover una pieza a la vez, no se podrá mover una pieza que tenga otras piezas encima, en el poste de en medio no deberá haber más de dos piezas y en el mismo poste de en medio no deberá haber una pieza pequeña debajo de una más grande. La relación y diferencia entre la figura de abajo y la de arriba (ver Figura K6), es decir la que se pretende imitar. Los niveles implican una cantidad mínima de movimientos, esa cantidad mínima de movimientos determina el nivel (ver tabla K2), los problemas se van presentando por nivel en orden ascendente. Se contabilizan el número de movimientos de cada ensayo lo cual es el total de movimientos que hizo menos el mínimo de movimientos, solo se consideran correctas las que se hacen con el mínimo de movimientos posible (también se contabilizan, se contabiliza el tiempo desde que se presenta hasta que el participante comience a realizar movimientos (tiempo de planeación); se cuentan violaciones a la regla (poner piezas de más o en desorden – en el caso de la torre de en medio) y en este caso se regresa al último movimiento antes de la violación, cuenta como movimiento una vez que salió del palito. En caso de llegar a dos minutos sin lograr la figura muestra se cambia de ejercicio o si llega a 20 movimientos, en ambos casos se contabilizan 20 movimientos. Previo al inicio de la prueba se realiza un ejercicio de práctica con un problema de nivel 1 y uno del nivel 2, el

aplicador debe asegurarse que el participante ha comprendido las instrucciones al ejecutar y resolver adecuadamente, de lo contrario se repetirán las instrucciones, así hasta en dos ocasiones posteriores a la instrucción original, si el participante no logra resolver este ejercicio satisfactoriamente no se continúa con la evaluación. Se contabilizan niveles logrados con el mínimo de movimientos posible, tiempo de planeación, tiempo de ejecución (de los movimientos) y número de transgresiones.

**Tabla K2.**

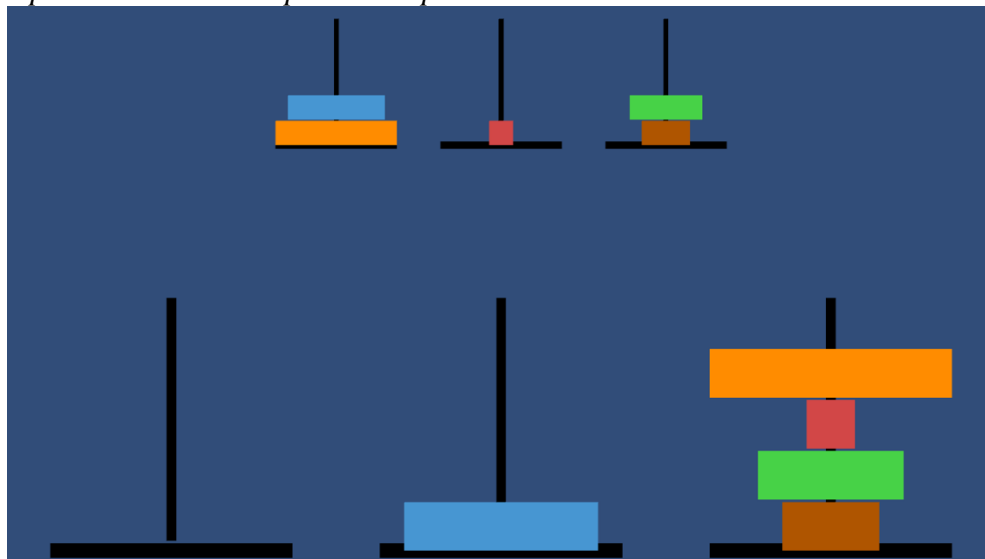
*Niveles de la prueba de planeación.*

<b>Nivel</b>	<b>Número mínimo de movimientos</b>
1	3 movimientos
2	4 movimientos
3	5 movimientos
4	6 movimientos
5	7 movimientos
6	8 movimientos
7	9 movimientos
8	10 movimientos
9	11 movimientos
10	12 movimientos

*Nota:* el número de movimientos corresponde al mínimo de movimientos requeridos para resolver el problema.

**Figura K6.**

*Captura de pantalla durante la prueba de planeación.*



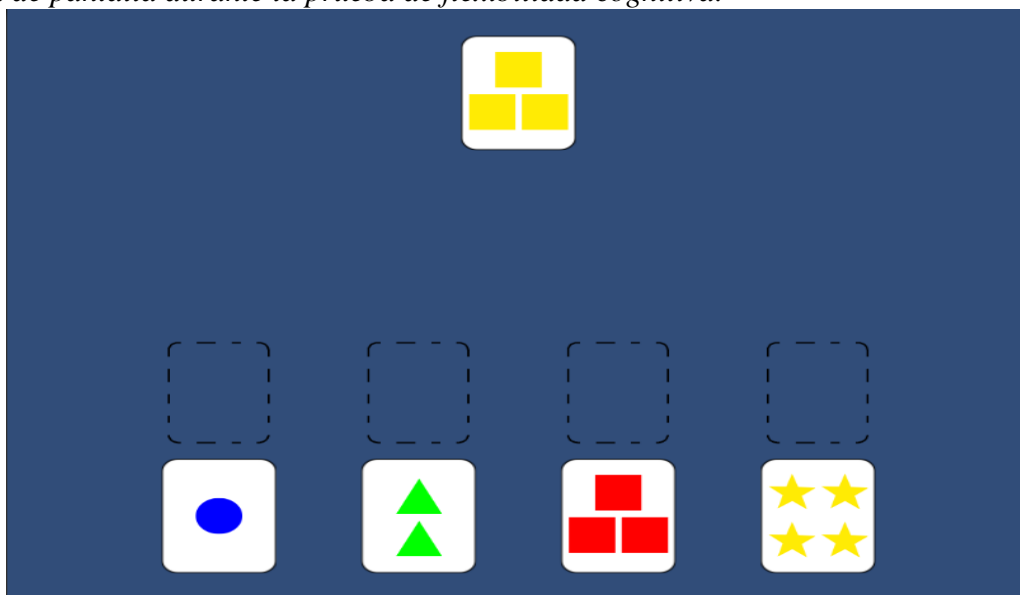
*Nota:* Las torres en la parte inferior de la imagen son manipuladas por el participante para igualarlas con las torres de la parte superior (muestra).

**Prueba de flexibilidad cognitiva.** La prueba utilizada es una adaptación electrónica de la prueba de cartas de Wisconsin (AWCT por sus siglas en inglés), en esta tarea se presenta a los participantes 4 cartas muestra en la parte inferior de la pantalla y una carta en la parte superior (de un mazo de 64 cartas), el participante deberá arrastrar con el ratón de la computadora la carta de arriba al recuadro punteado que está frente a cada una de las cartas muestra, de acuerdo como él considere que se relaciona o clasifica la carta de arriba (por número, figura o color), si la clasificación el participante hace es correcta le aparecerá el letrero de correcto y lo correspondiente si es incorrecto. Una vez que el participante ha alcanzado 10 aciertos en el mismo criterio se cambia el criterio de clasificación (e.g. el criterio original es número, el participante ha alcanzado los 10 aciertos en este criterio, ahora el criterio podría ser color), se clasifican aciertos, respuestas perseverativas (número de veces que el participante hace una

clasificación con retroalimentación de incorrecta a partir de una contingencia previa idéntica) y categorías alcanzadas (ver Figura K7).

### Figura K7.

*Captura de pantalla durante la prueba de flexibilidad cognitiva.*



### *Procedimiento*

La aplicación de las pruebas fue realizada en el lugar de trabajo de los participantes (si este permitiese la no interrupción), en su hogar o en un consultorio de 3.5 x 3.5 metros. Para su aplicación se utilizaron computadoras portátiles con pantallas de 14". Al finalizar, los participantes fueron retribuidos con \$200 pesos mexicanos.

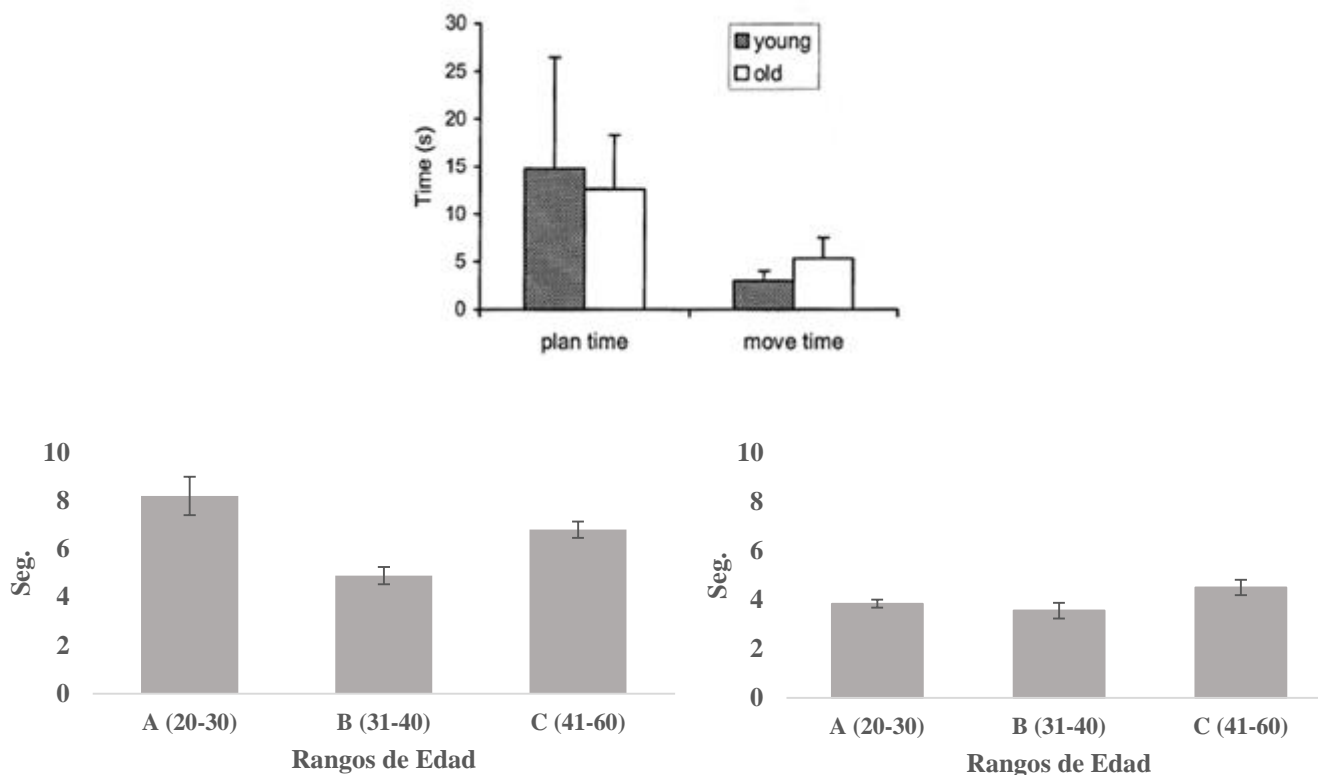
**Criterios de exclusión.** No terminar las pruebas, solicitar que sus datos no fuesen utilizados en la investigación, o el daño de los registros en el proceso de cómputo.

## **Resultados**

**Prueba ATL.** En la Figura K8 se presentan los resultados obtenidos de la prueba en términos de tiempo de planeación y ejecución. Los resultados de esta versión muestran similitudes con sus predecesoras, el tiempo de planeación y en el tiempo de ejecución en función de la edad presentando el primero diferencias entre grupos ( $F(2,52) = 7.847, p < 0.01, \eta^2 = 0.232$ ) revelando el análisis Post Hoc diferencias significativas ( $p < .05$ ) únicamente el grupo de más baja edad (A) vs el grupo de edad intermedia (B), de forma similar, el tiempo de ejecución presentó diferencias significativas entre grupos ( $F(2,52) = 3.372, p < 0.05, \eta^2 = 0.115$ ) el análisis Post Hoc respectivo reveló diferencias significativas ( $p < .05$ ) únicamente entre los rangos de edad intermedio (B) y de mayor edad (C), de tal forma que van en el mismo sentido a las reportadas por Philips *et al.* (2003), en donde el tiempo de planeación se reduce con la edad y el tiempo de ejecución incrementa, sin embargo, en la muestra utilizada, estos cambios se hacen perceptibles de forma significativa en la comparativa entre los grupos en los extremos de edad y el rango de edad intermedio.

**Figura K8.**

*Prueba de Planeación: tiempos de planeación y ejecución (comparativa).*



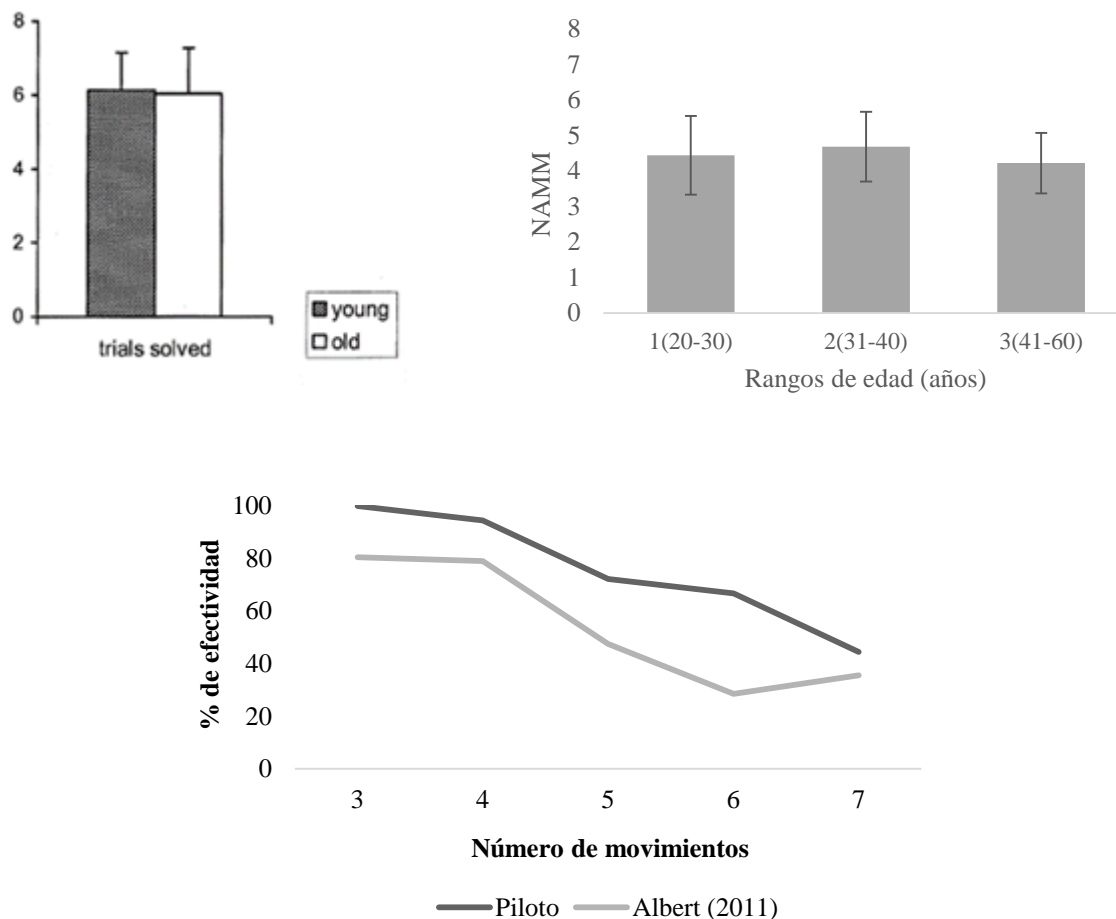
*Nota.* Parte superior: Resultados reportados por Philips et al. (2003). Parte inferior: resultados obtenidos en el presente experimento. Estos gráficos muestran los resultados de tiempo de planeación (barras de la izquierda del gráfico superior y gráfico inferior a la izquierda) y del tiempo utilizado al ejecutar los movimientos (barras de la derecha del panel superior y panel inferior derecho). El panel superior está adaptado de Philips et al. (2003), en el que presenta dos rangos de edad (18-30 “Young” y 60-76 “old”), los gráficos inferiores corresponden a los resultados de la Fase 1 segmentado por edades (A = 20-30, B = 31-40 y C= 41-60 años), la escala de tiempo de todos los gráficos se encuentra en segundos.  $*=p < .05$  (diferencias significativas) y las barras de error muestran un error estándar hacia arriba y hacia abajo.

De igual manera, se presentan correspondencias entre la ejecución de los participantes en nuestra prueba ATL y antecedentes respecto del porcentaje de efectividad en la respuesta, en función del número de movimientos requeridos para resolver cada nivel (ver Figura K9) en

donde la cantidad de niveles alcanzados con el mínimo de movimientos no presentó diferencias en función de la edad ( $F(2,52) = 0.268, p = 0.77, \eta^2 = 0.010$ ). El panel inferior de la Figura K9 muestra el porcentaje de efectividad de acuerdo con el número de movimientos requerido para duplicar la muestra en la Torre de Londres de acuerdo con lo reportado por Albert y Steinberg (2011) en participantes de entre 22-30 años (línea anaranjada) y los resultados de la misma medida en la prueba ATL en el segmento de 20-30 años del estudio piloto.

**Figura K9.**

*Resultados de la prueba de prueba de planeación: Niveles alcanzados con el mínimo de movimientos (parte superior) y porcentaje de efectividad (parte inferior).*

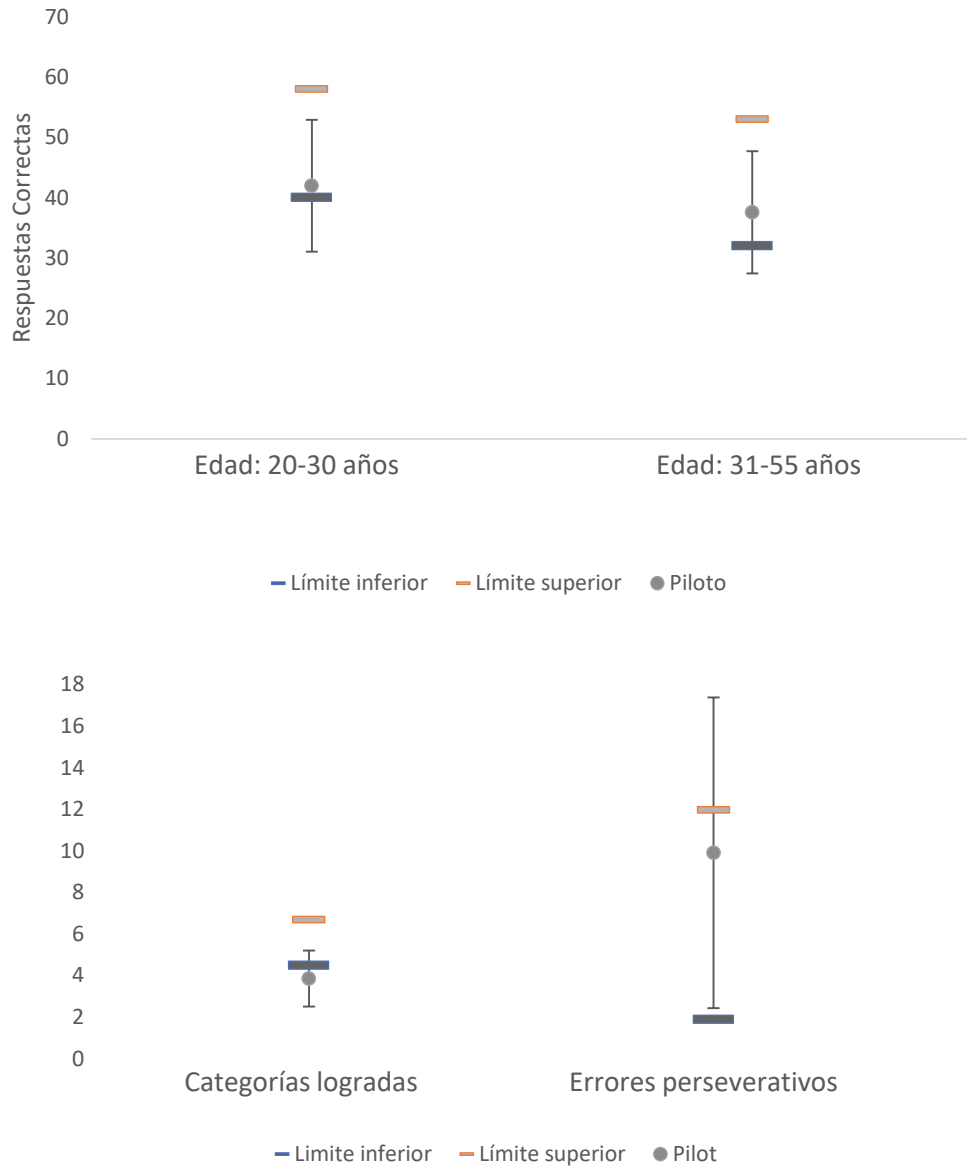


*Notas:* Los paneles superiores muestran la comparativa en el comportamiento de los participantes en función del rango de edad al resolver las tareas de planeación Torre de Londres (a la izquierda, adaptado de Phillips et al., 2003), en la que se presentan los rangos de edad 18-30 “Young” y 60-76 “old” y la prueba Adaptada de Torre de Londres (ATL) en la que se presentan tres rangos de edad (los rangos se presentan en los títulos inferiores de cada barra) con base en los Niveles alcanzados con el mínimo de movimientos (NAMM), las barras de error muestran un error estándar hacia arriba y hacia abajo. El panel inferior muestra la comparativa en el porcentaje de efectividad en función del número de movimientos requeridos para resolver cada nivel, ante la tarea de Torre de Londres (Albert, 2011) y ATL.

**Prueba flexibilidad cognitiva.** En la Figura K10 se presentan los resultados obtenidos de la prueba de CFL. El panel superior muestra la comparativa entre los resultados del piloto (punto gris, las barras de error muestran una desviación estándar por arriba y por debajo de la media) y los datos normativos de la batería BANFE-2 (las barras anaranjadas muestran el límite superior y las barras azules el límite inferior normativo). El panel inferior muestra la comparativa entre los resultados del piloto (punto gris, las barras de error muestran una desviación estándar por arriba y por debajo de la media) y los datos reportados por Rhodes (2004), la dispersión de estos (desviación estándar) está delimitada por las líneas azul y anaranjada.

**Figura K10.**

*Resultados de la prueba de Flexibilidad Cognitiva en comparación con antecedentes.*



## **Efectos de la Magnitud del Reforzamiento en la Capacidad de Predicción de la Tarea de Riesgo Análogo de Globos Respecto del Consumo de Alcohol Reportado en Estudiantes Universitarios**

### ***Objetivo general***

Evaluar la capacidad de predicción de la prueba BART respecto de eventos mensuales reportados de consumo excesivo de alcohol en estudiantes universitarios al manipular la probabilidad de reventar de los globos y la magnitud del reforzador.

### ***Objetivos específicos***

- Analizar la capacidad de predicción del COV respecto de la cantidad reportada de eventos de consumo excesivo de alcohol (ECEA) dentro de un protocolo que combine alta y baja probabilidad de reventar, con la misma magnitud de reforzamiento en ambas contingencias.
- Analizar la capacidad de predicción del COV respecto de la cantidad reportada de ECEA dentro de un protocolo que combine alta y baja probabilidad de reventar, con una magnitud de reforzamiento proporcional al riesgo.

### ***Pregunta de investigación***

¿Una medida de la respuesta adaptativa dentro de una situación simulada de riesgo (COV) puede predecir conductas de riesgo en situaciones reales (eventos reportados de consumo excesivo de alcohol)? ¿La capacidad de predicción de la prueba BART se ve afectada por la magnitud del reforzador?

**Participantes.** 36 estudiantes de licenciatura (18 mujeres) participaron, bajo el beneficio de créditos académicos, con edades comprendidas entre los 17 y los 26 años, sin antecedentes

referidos de enfermedades neurológicas y sin presencia de alguna enfermedad aguda o crónica al momento de la evaluación, no se establecieron limitaciones en cuanto al consumo de alcohol, sin embargo, se asumió una alta probabilidad de que una proporción importante de participantes reportaran eventos recurrentes de consumo excesivo de alcohol debido a las características de la muestra (ver reporte ENSANUT; Secretaria de Salud, 2016).

### ***Instrumentos.***

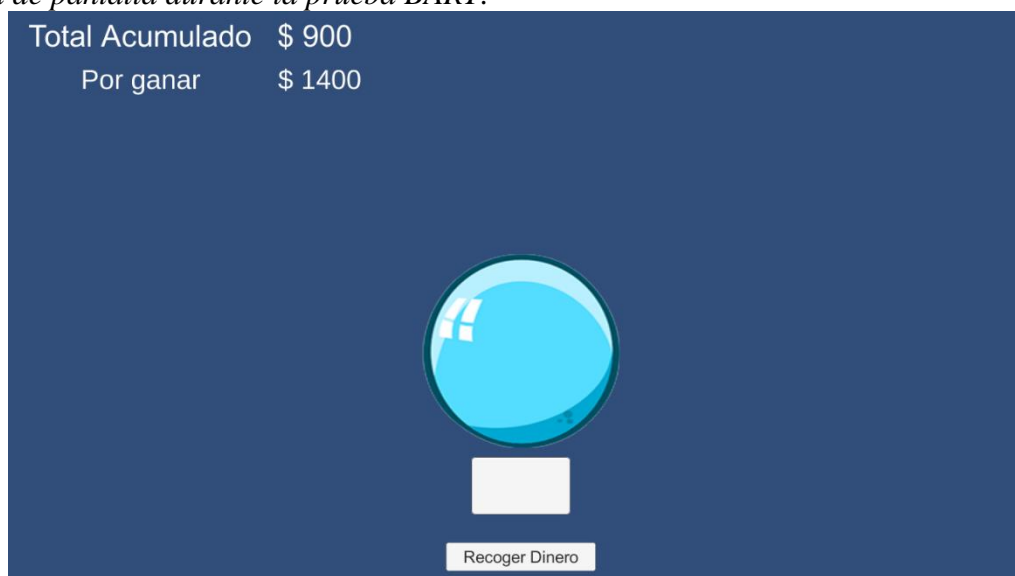
**Prueba evaluación riesgo y beneficio (BART).** El objetivo de esta prueba para el participante es acumular la mayor cantidad de dinero posible a través de múltiples ensayos, para ello deberá inflar globos en un programa de computadora, dicho programa proyecta la imagen de un globo en dos posibles colores (azul y verde), cada uno estará asociado con bajo riesgo o alto riesgo respectivamente (la probabilidad de reventar, el globo se encuentra en la parte central por debajo del horizonte y al expandirse lo hace hacia arriba y a los lados, en la parte superior izquierda de la pantalla se observan dos indicadores, el indicador superior indica el total de dinero acumulado en el total de ensayos y el que se encuentra debajo de este corresponde al dinero acumulado en el ensayo vigente, debajo del globo se encuentra un recuadro blanco que corresponde al botón para inflar y debajo de éste una barra con el letrero “Recoger Dinero”, que como su nombre lo indica se utiliza para recoger el dinero de la partida o ensayo (ver Figura K11). Ambos globos utilizan un algoritmo que comprende azar para determinar en qué momento van a reventar, el globo de bajo riesgo revienta en cualquier momento situado entre la inflada 1 y la inflada 40, mientras que el de alto riesgo revienta entre la inflada 1 y la 10. Se aplican en una distribución aleatoria 20 ensayos de bajo riesgo y la misma cantidad de ensayos de alto riesgo por participante. Se aplicaron dos protocolos “A y B”, en el protocolo “A” los participantes

recibieron \$100 por cada click en la condición de Alto Riesgo (AR) en el protocolo “B” los participantes recibieron \$400 por cada click en la condición de Alto Riesgo (AR). Para las condiciones de Bajo Riesgo (BR) en ambos protocolos la magnitud del reforzador fue la misma (\$100).

Las variables registradas fueron *coeficiente de variación* de inflaciones ajustadas ( $COV = \text{Desviación estándar} / \text{entre el promedio}$  - ambos datos de las inflaciones de los globos que no reventaron) y la cantidad de dinero generada por el participante.

### Figura K11.

*Captura de pantalla durante la prueba BART.*



Para estimar el consumo de alcohol los participantes contestaron un cuestionario en línea con 7 preguntas respecto de hábitos (sueño, alimentación, actividad física, etc.) Con el objetivo de enmascarar la pregunta relevante: Contestar solamente si tu género es FEMENINO ¿En cuántas ocasiones en un mes llegas a consumir 4 o más copas en un día? (5 copas o más para las

personas de género MASCULINO), con una explicación previa respecto de la estimación de una copa de alcohol (ver Apéndice E).

### ***Procedimiento***

La aplicación de la prueba se realizó en un cubículo de 2 x 3.5 metros y un cubículo de 3 x 4 metros, ambos con mobiliario de oficina (sillas, un escritorio, un sillón o reposet) y relativamente aislados de ruido e iluminados con luz artificial. Todas las pruebas fueron aplicadas entre las 9 am y las 6 pm. Ambos protocolos se aplicaron el mismo día de forma contrabalaceada. Para la obtención de los créditos académicos por participar, los estudiantes obtuvieron un 1% de su calificación final en una materia por su participación, y compitieron con el resto de los participantes, de manera que los 9 participantes que obtuvieron más dinero en el protocolo “A” ganaron otro punto porcentual extra y lo mismo ocurrió con el protocolo “B”, pudiendo acumular hasta 3% extra en su calificación.

**Criterios de exclusión.** No concluir la evaluación.

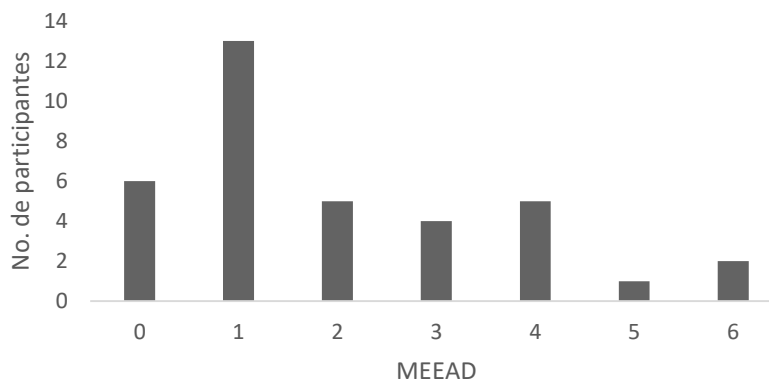
**Análisis de datos.** Se aplicó la prueba de correlación  $r$  de Pearson y posteriormente se realizó diversos análisis de regresión lineal simple en donde las variables independientes fueron el COV de las condiciones de bajo riesgo (BR) y alto riesgo (AR) de ambos protocolos y la variable dependiente fue el número de eventos de consumo excesivo de alcohol reportados por mes. Para el análisis de resultados se utilizó el programa RStudio (RStudio Team, 2020).

### ***Resultados***

En la Figura K12 se presentan los datos descriptivos obtenidos de los participantes respecto al consumo de alcohol. Los resultados mostraron que 30 de 36 participantes presentan al menos un evento mensual de consumo excesivo de alcohol (MEEAD por sus siglas en inglés).

**Figura K12.**

*Datos descriptivos: distribución en el consumo reportado de alcohol.*

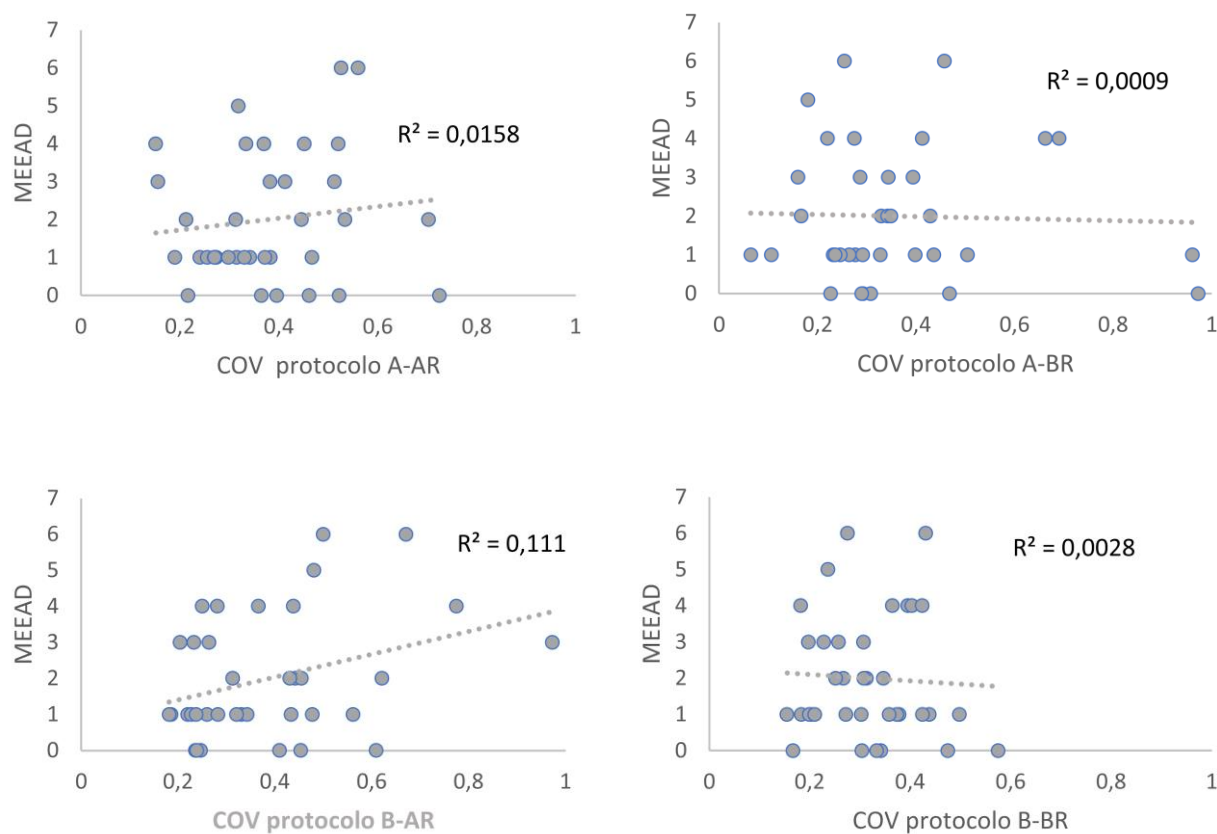


*Nota:* MEEAD (eventos mensuales de consumo excesivo de alcohol)

En la Figura K13 se muestran la correlación entre el coeficiente de covariación (COV) con los distintos protocolos empleados (A-AR= protocolo “A” condición de alto riesgo, A-BR= protocolo “A” condición bajo riesgo, B-AR= protocolo “B” alto riesgo, B-BR= protocolo “B” bajo riesgo) en función de los eventos mensuales de consumo excesivo de alcohol (MEEAD por sus siglas en inglés). De forma general, se obtuvo correlación positiva para entre los MEEAD y el tipo de protocolo, aunque se observó que el mayor puntaje de correlación se observó en el protocolo B-AR respecto a los demás protocolos.

**Figura K13.**

*Correlación obtenida entre el coeficiente de covariación (COV) de la prueba de BART en función de los eventos mensuales de consumo excesivo de alcohol (MEEAD) para cada uno de los protocolos empleados.*



En la tabla K3 muestra el análisis tanto de la correlación, así como el coeficiente de correlación de Pearson para cada uno de los protocolos en función de los eventos mensuales de consumo de alcohol excesivo. Al igual que en la Figura K13, se observó una relación predictiva significativa entre el COV derivado de la ejecución ante el globo de alto riesgo del protocolo B (mayor reforzamiento), el protocolo A no presentó predictores significativos.

**Tabla K3.***Protocolos de la prueba de Globos.*

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>R Pearson</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>p</b>
COV protocolo A-AR	ECEA	0.12	0.016	> .05
COV protocolo A-BR	ECEA	-0.03	0.001	> .05
COV protocolo B-AR	ECEA	0.33	0.11	< .05*
COV protocolo B-BR	ECEA	-0.05	0.003	> .05

*Nota.* Se muestran los resultados de la correlación y la  $R^2$ , así como su nivel de significancia. A-AR= protocolo “A” de alto riesgo, A-BR= protocolo “A” bajo riesgo, B-AR= protocolo “B” de alto riesgo, B-BR= protocolo “B” bajo riesgo. ECEA= Consumo excesivo de alcohol (4 o más bebidas para mujeres o 5 para hombres en un día, ver Secretaria de Salud, 2016). \* Estadísticamente significativo.

**Discusión de resultados**

Los resultados de la prueba de Stroop mostraron un mayor tiempo de reacción y mayor cantidad de errores cuando los participantes respondieron a estímulos incongruentes en contraposición a su desempeño antes estímulos congruentes, estos datos coinciden con lo reportado por diversos autores (e.g. Coelli et al., 2016; Martín et al., 2012; Scurtu et al., 2016; Stroop, 1935). Además, se observó una mayor cantidad de errores cuando los participantes respondieron a estímulos incongruentes que fueron precedidos por un estímulo congruente, en contraste con estímulos incongruentes precedidos por un estímulo incongruente, lo que sugiere un efecto secuencial o dependiente de la información previa en la capacidad inhibitoria del participante como ha sido descrito previamente en otras aplicaciones computarizadas de esta prueba (Lorist y Jolij, 2012). Sin embargo, este último efecto no se logró al reducir la ventana de tiempo para responder. Estos resultados indican que el efecto Stroop es más fuerte en el protocolo “B”.

La versión utilizada de la prueba de Torre de Londres o ATL, a pesar de las modificaciones realizadas respecto de la versión original, produjo patrones de respuesta y

variaciones respecto de la edad similar a lo que se ha reportado previamente (Philips et al., 2003). Al contrastar los resultados del piloto, con lo reportado por Philips et al. (2003), en ambos estudios se observó una ligera disminución en el tiempo de planeación al igual que un incremento leve en función de la edad, sin ser estas diferencias significativas entre los grupos de mayor y menor edad, siendo los que se asemejan más a los antecedentes mencionados. Sin embargo, estos grupos si presentaron diferencias respecto al grupo de mediana edad sugiriendo una cúspide en el proceso desarrollo de las funciones relacionadas con esta tarea. De la misma forma que los antecedentes (Philips et al., 2003), en este estudio no identificamos variaciones en función de la edad en el número de niveles alcanzados con el número de movimientos.

De forma adicional, al contrastar el porcentaje de efectividad ante la tarea con lo reportado por Albert y Steinberg (2011), se identificó un patrón muy similar de fallo en función del incremento en el número de movimientos requerido para igualar la muestra, pesar de que, de manera general ante la prueba presentada, los participantes del estudio piloto presentaron un mayor porcentaje de eficiencia.

Con base en la ejecución de los participantes en la versión electrónica utilizada de Weschler, se identificó un desempeño similar entre la prueba de CFL utilizada y los datos normativos para la variable “respuestas correctas” reportados en la prueba BANFE-2 (Flores et al., 2014) ya que la mayor parte de la variabilidad de los resultados se encuentra dentro de los límites identificados como normales para la población mexicana (ver Figura K7). Dichas similitudes se hacen más marcadas en el rango de edad correspondiente al requerido para los subsecuentes experimentos. Sin embargo, los participantes de este estudio piloto se desempeñaron ligeramente por debajo de lo reportado en un metaanálisis reportado por Rhodes

(2004), en cuanto a categorías logradas, pero de forma similar en cuanto a errores perseverativos. Es importante considerar que en la adaptación de la prueba utilizada se buscó apearse en la medida de lo posible a versiones previas (de 64 cartas) y ampliamente utilizadas (e.g. Días et al., 2015). A partir de lo anterior, asumimos que las consistencias entre nuestra versión computarizada y los antecedentes justifican su uso en las siguientes fases del estudio.

En relación con los resultados de la prueba BART, de acuerdo con Blair et al. (2018), un mayor valor de COV refleja una mayor variabilidad en la respuesta y a su vez sugiere menor control inhibitorio, al respecto existen antecedentes de la relación entre EF y consumo riesgoso de alcohol (Allan et al., 2016), esto implicaría que la toma de riesgos dada en función de la capacidad inhibitoria estaría implicada en el vínculo entre los resultados de esta prueba y el consumo de alcohol reportado. Estos elementos llevan a concluir que únicamente el protocolo “B cumple con los objetivos de la prueba.

### ***Conclusiones***

De manera general se observó que las pruebas utilizadas en el estudio presentaron múltiples similitudes con sus homólogas y que se han reportado en estudios previos, presentando diferencias mínimas. Al respecto es importante considerar que las diferencias en el desempeño con estudios realizados con población mexicana fueron mínimas y en su mayoría se contrastó con muestras de otros países. Se concluyó, que las pruebas evidencian la suficiente sensibilidad y validez para ser utilizadas en el experimento no. 1 (ver metodología), limitándolo a un análisis descriptivo-correlacional.

## Apéndice L.

### Composición de variables canónicas (ejemplo)

A continuación, se desglosa la composición de las variables canónicas correspondientes al análisis entre los resultados de la prueba de Torre de Londres Adaptada, cuya variable canónica se denominó PPLAN (desempeño en planeación por sus siglas en inglés) las variables canónica dependiente denominada HH (hábitos y salud por sus siglas en inglés) (ver Capítulo 9, páginas 120-122). Estas ecuaciones, permiten la estimación de la pendiente:

PPLAN:

$$y_1 = a_1x_1 - a_2x_2 + a_3x_3 \quad (1)$$

Al reemplazar los valores de la Ecuación 1 por los valores obtenidos en el estudio, la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$y_1 = 0.0001808 * (\text{tiempo de planeación miliseg.}) + 0.04544 * (\text{No. De transgresiones}) + 0.80203 * (\text{niveles alcanzados con el mínimo de movimientos}).$$

HH:

$$y_2 = b_1x_1 - b_2x_2 + b_3x_3 - b_4x_4 - b_5x_5 + b_6x_6 + b_7x_7 + b_8x_8 - b_9x_9 - b_{10}x_{10} + b_{11}x_{11} \quad (2)$$

Al reemplazar los valores de la  $y_2$ , los valores obtenidos en el estudio, la ecuación queda de la siguiente manera:

$$y_2 = 0.02666 * (\text{horas de ejercicio reportadas}) - 0.000009 * (\text{Prom. De pasos}) + 0.04321 * (\text{minutos despierto}) - 0.00809 * (\text{minutos de sueño ligero}) - 0.03373 * (\text{minutos de sueño})$$

profundo) + 0.00610 \* (minutos de sueño REM) + 0.12084 \* (nivel de grasa visceral) +  
0.4624811 \* (porciones de fruta) - 0.46248 \* (porciones de verdura) - 0.25896 \* (consumo  
excesivo de alcohol) + 0.01369 \* (presión arterial promedio en mmHg).