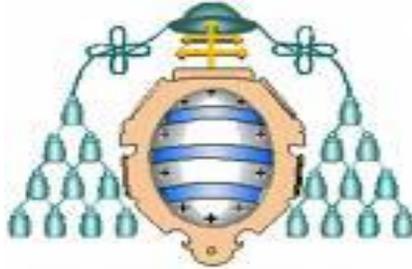


UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Departamento de Psicología



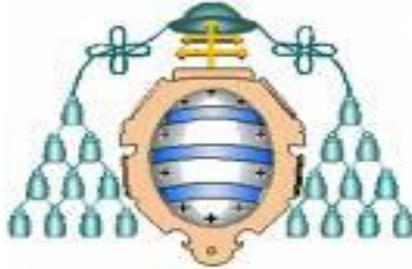
**RELACIÓN ENTRE EL RENDIMIENTO ACADÉMICO Y LA CAPACIDAD DE
REGULACIÓN DE LA CONDUCTA Y LAS EMOCIONES EN ESTUDIANTES DE
EDUCACIÓN SUPERIOR: UN ESTUDIO ELECTROFISIOLÓGICO**

Orlando Reynoso Orozco

Oviedo, 2015

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Departamento de Psicología



RELACIÓN ENTRE EL RENDIMIENTO ACADÉMICO Y LA CAPACIDAD DE REGULACIÓN DE LA CONDUCTA Y LAS EMOCIONES EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN SUPERIOR: UN ESTUDIO ELECTROFISIOLÓGICO

Doctorando: Orlando Reynoso Orozco

Directores: Dr. Esteban Agulló Tomás

Dra. Julieta Ramos Loyo

Oviedo, 2015

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue el de encontrar una relación entre el rendimiento académico y la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3 de los potenciales relacionados a eventos. Se evaluó una muestra de 21 estudiantes de educación superior durante el desempeño en una tarea de inhibición de respuestas con contextos emocionales. Como medidas del rendimiento académico se utilizaron el promedio de la escuela preparatoria de procedencia, el puntaje de la prueba de admisión a la Universidad, el puntaje de la prueba de aptitud académica del College Board y el promedio general actual del estudiante. Se encontró una relación entre el rendimiento académico y la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3. Un menor rendimiento académico se correlacionó con una mayor amplitud en el contexto neutro del N2 (Go) y con el contexto placentero (NoGo), mientras que una mayor amplitud y latencia en el contexto neutro del P3 (Go) y el placentero (NoGo) se asoció con un mayor rendimiento académico. Estos resultados sugieren que los componentes N2 y P3 reflejan los procesos atencionales involucrados en la evaluación del estímulo, el control inhibitorio y que por lo tanto se asocian con un mejor rendimiento académico, de tal manera que pudieran ser utilizados como un indicadores biológicos del rendimiento académico en estudiantes de nivel superior.

Palabras clave: Rendimiento académico, PREs, control inhibitorio, Go-NoGo, N2, P3, estímulos emocionales.

Abstract

The relationship between academic achievement and event related potentials N2 and P3 components was assessed in a sample of 21 undergraduate students during performance on a Go/NoGo emotional task. Official student scores as measures of academic performance were used: the overall average, the average of high school, the admission score and the score on the College Board aptitude test. Relationships between academic achievement and amplitude and latency of N2 and P3 ERPs were found. Poor academic achievement correlated with increased amplitude of N2 (Go) in the neutral and pleasant context (NoGo), while increased amplitude and latency of P3 in the neutral (Go) and pleasant context (NoGo) is associated with higher academic achievement. These results suggest that N2 and P3 ERPs reflect attentional and inhibitory control processes involved in evaluation of the stimulus and therefore are associated with better academic achievement, so they could serve as a biomarker for academic achievement in undergraduate students.

Key words: Academic achievement, ERPs, inhibitory control, Go-NoGo, N2, P3, emotional stimuli.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
1ª PARTE: MARCO TEÓRICO.....	7
1. <i>El Rendimiento Académico.....</i>	<i>8</i>
2. <i>Control inhibitorio de la conducta.....</i>	<i>71</i>
2ª PARTE: ESTUDIO EXPERIMENTAL.....	127
3. <i>Planteamiento general del problema de la investigación.....</i>	<i>128</i>
3.1 <i>Objetivos e Hipótesis de la Investigación.....</i>	<i>131</i>
4. <i>Resultados.....</i>	<i>148</i>
4.6 <i>Correlación entre Rendimiento Académico y PREs.....</i>	<i>164</i>
3ª PARTE: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	173
5. <i>Discusión.....</i>	<i>174</i>
6. <i>Conclusiones.....</i>	<i>189</i>
7. <i>Recomendaciones para futuras investigaciones.....</i>	<i>195</i>
8. <i>Referencias bibliográficas.....</i>	<i>196</i>
Anexos.....	223

ÍNDICE TEMÁTICO

INTRODUCCIÓN	1
1ª PARTE: MARCO TEÓRICO	7
1. El Rendimiento Académico.....	8
1.1 El significado del fracaso escolar.....	22
1.2 Factores asociados al Rendimiento Escolar.....	28
1.3 Educación y Funciones Ejecutivas.....	41
1.4 Lóbulos Frontales y las Funciones Ejecutivas.....	50
2. Control inhibitorio de la conducta.....	71
2.1 Los Potenciales Relacionados a Eventos y el Control Inhibitorio.....	82
2.2 Emoción y Control Inhibitorio.....	98
2ª PARTE: ESTUDIO EXPERIMENTAL	127
3. Planteamiento general del problema de la investigación.....	128
3.1 Objetivos e Hipótesis de la Investigación.....	131
3.2 Metodología.....	133
3.3 Participantes.....	134
3.4 Estrategia metodológica.....	135
3.5 Criterios de inclusión.....	136
3.6 Criterios de no inclusión.....	136
3.7 Criterios de exclusión.....	136
3.8 Materiales.....	137
3.9 Descripción de los materiales utilizados.....	137
3.10 Procedimiento del Registro Electroencefalográfico.....	145
3.11 Análisis Estadístico.....	147
4. Resultados.....	148
4.1 Resultados del Rendimiento Académico.....	148
4.2 Resultados de las Escalas.....	149
4.3 Diferencias entre Contextos.....	149
4.4 Correlación entre el Rendimiento Académico y Ejecución Conductual.....	152
4.5 Resultados Electrofisiológicos.....	152
4.6 Correlación entre Rendimiento Académico y PRES.....	164
4.7 Resumen de Resultados.....	170
3ª PARTE: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	173
5. Discusión.....	174
6. Conclusiones.....	189
7. Recomendaciones para futuras investigaciones.....	195
8. Referencias bibliográficas.....	196
Anexos.....	223

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CI	Cociente intelectual
CPF	Corteza prefrontal
Cz	Electrodo central
EEG	Electroencefalograma
ERN	Componente negativo relacionado con el error
FE	Funciones ejecutivas
Fz	Electrodo fronto-central
LF	Lóbulos frontales
IAPS	International Affective Picture System
LPP	Componente positivo tardío
PA	Puntaje de admisión a la universidad
PAA	Puntaje obtenido en la prueba de aptitud académica College Board
PEP	Promedio de la escuela preparatoria de procedencia
PG	Promedio general actual de la licenciatura
PREs	Potenciales relacionados a eventos
Pz	Electrodo centro-parietal
P3	Componente P300
N2	Componente N200

Introducción

Actualmente, la educación se reconoce como una de las causas principales del progreso y de los avances para el desarrollo. Una visión nueva de la educación debería ser capaz de hacer realidad las posibilidades intelectuales, afectivas, éticas y estéticas, que garanticen el progreso de la condición humana, que promueva un nuevo tipo de ser humano capaz de ejercer el derecho al desarrollo justo y equitativo, que interactúe en convivencia con sus semejantes, con el mundo y que participe activamente en la preservación de sus recursos. Bajo este contexto, la misión de las instituciones educativas, específicamente la Universidad además de ser un escenario de práctica e ilustración, también se constituye en un escenario de interacción y formación social para muchos estudiantes. Además de formar profesionales y ciudadanos cultos, las universidades tienen un nuevo reto, ser un contexto de vida que propicie comportamientos saludables para la sociedad en general.

La transición producida progresivamente a lo largo de las últimas décadas, desde la sociedad industrial hacia una sociedad de la información y del saber, ha generado, de forma paralela, un incremento de las expectativas con respecto al papel que los sistemas educativos desempeñan en el progreso de la persona, y en su capacidad de adaptación al nuevo contexto, en el desarrollo económico y en la cohesión social. Hoy más que nunca el conocimiento es considerado como un activo imprescindible, como un recurso primordial o, en términos económicos, como un capital decisivo para procurar sociedades más prosperas. En este escenario, el discurso político de las intenciones está siendo desplazado en algunos países por el de los resultados, de tal manera que el rendimiento académico se

ha convertido en objeto de atención preferentemente por parte de los responsables políticos, de los organismos internacionales y de la propia sociedad (López, 2009). En entonces, ¿para qué sirve la educación?, en el fondo la pregunta es ¿qué queremos de la educación? Elevar el rendimiento académico de los alumnos constituye una parte fundamental del discurso de la reforma educativa. De hecho, todos y cada uno de los planes y programas de mejora académica subyacen en el objetivo político de elevar el rendimiento académico del alumnado; medidas tales como la optimización de la gestión de las escuelas, la elevación del perfil de los docentes, la creación de sistemas eficaces de educación continua, entre otras, giran en torno a la compleja premisa de mejorar el rendimiento académico en todos los niveles educativos.

Lo anterior permite destacar las dos grandes visiones contemporáneas del rendimiento escolar y por lo tanto del éxito y/o fracaso escolar. La primera considera que el rendimiento escolar se expresa en una calificación escolar que asigna el profesor quien cuenta con el aval de la sociedad, por lo tanto es el resultado de una evaluación de acuerdo a lo que espera el profesor debe poseer el estudiante. Desde esta visión lo más importante es el resultado o producto de lo aprendido, ubicándose las causas y consecuencias del rendimiento en él estudiante. En la segunda postura, el rendimiento escolar va más allá de la adquisición y manejo del conocimiento, abarcando aspectos como: habilidades, destrezas, actitudes y valores, e incluyen el proceso enseñanza aprendizaje, adoptando una postura más flexible donde pudieran considerarse otras formas de identificar al estudiante que destaca en rendimiento además de la evaluación (ANUIES, 2006). Ambos abordajes de dicho problema no contemplan un análisis crítico y multidisciplinario de lo que aportan

otros agentes e instituciones, como los aspectos neurobiológicos, las condiciones sociales, la familia, el sistema educativo y la propia escuela (Goswami, 2006).

Por lo tanto, las sociedades necesitan cada vez más de hacer progresos relacionados con la calidad de la educación y a este respecto, la comprensión científica de las bases biológicas de la conducta, del aprendizaje, de la mente y el cerebro está avanzando rápida y enérgicamente. Naturalmente, estas dos tendencias fomentan un gran interés en utilizar la investigación del cerebro y la conducta para guiar las prácticas educativas. El conocimiento de cómo nuestro cerebro funciona, cómo cambia durante el desarrollo, cómo almacena y procesa información, y cómo el daño, el estrés, la privación, etc., contribuyen a ciertos trastornos y problemas –todas estas líneas de investigación han tenido un gran potencial en las ciencias y prácticas educativas (Goswami, 2006). A pesar de que estas relaciones están todavía emergiendo, el crecimiento en el conocimiento del desarrollo, aprendizaje y cerebro ya proporcionan conexiones potencialmente productivas entre la práctica educativa y la investigación científica, y una relación más cercana entre la práctica educativa y la investigación proveerá de herramientas más precisas y útiles.

Así, dependiendo de la óptica con que se abordan diferentes investigaciones, se seleccionan factores explicativos del rendimiento académico como el cociente intelectual, los rasgos de personalidad, el origen étnico y social, las habilidades de lecto-escritura, las habilidades matemáticas, estilos de aprendizaje, estilos de crianza, etc., (Ardila, Pineda, & Rosselli, 2000; Baker, Salinas, & Eslinger, 2012; García Villamizar & Muñoz, 2000; Kaufman, 2010; Rohde & Thompson, 2007). Dentro de este gran conjunto de variables, las variables cognitivas –en particular la inteligencia y el control cognitivo- han mostrado explicar gran parte de la varianza observada en el éxito académico. De esta manera que se

han identificado dos factores del control cognitivo con relación al rendimiento académico, uno asociado con la actualización de los contenidos en la memoria de trabajo y otro asociado con la inhibición (Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Colom, Escorial, Shih, & Privado, 2007). Tales resultados sugieren que el control ejecutivo de la memoria de trabajo y la inhibición están relacionados con el aprendizaje en el ambiente escolar.

De particular interés para el presente trabajo resultó la relación entre el rendimiento académico con el control inhibitorio, este último forma parte del funcionamiento ejecutivo y resulta primordial para la regulación de la conducta y las emociones, es el sustrato neurobiológico de la memoria de trabajo y atención, haciendo posible la filtración de información irrelevante del medio, suprimiendo respuestas preferentes y emitiéndolas de manera adaptativa bajo contextos emocionales ante la actualización de estados afectivos (Dillon & Pizzagalli, 2007). Lo escrito hasta ahora no tendría mucho significado, desde el punto de vista cerebral, si no incluyésemos en todos y cada uno de los procesos de aprendizaje escolar la referencia a las emociones como verdaderos impulsores de cualquier aprendizaje humano. En muchos sentidos son las emociones las que dirigen los comportamientos motores de nuestra vida diaria y las emociones adecuadas para el contexto en el que se desarrollan aceleran, focalizan, analizan y ejecutan la toma de decisiones. Tradicionalmente, las funciones ejecutivas han sido abordadas de manera abstracta, descontextualizando los problemas ante la ausencia de los componentes motivo-emocionales. De tal manera que los test utilizados para evaluarlas o caracterizarlas comparten rasgos “fríos” o no emocionales de los procesos cognitivos.

En lo referente a los estudios relacionados con la actividad eléctrica cerebral (ej., potenciales relacionados a eventos) y procesos académicos, más específicamente aquellos

relacionados con el rendimiento académico, la literatura es escasa. Hasta la fecha sólo dos estudios han descrito la relación entre el rendimiento académico con variables neurofisiológicas. En el primer estudio se observaron diferencias individuales en la amplitud del componente negativo relacionado con el error (ERN) en estudiantes adolescentes, el rendimiento académico fue evaluado mediante el promedio general y estuvo relacionado con el número de errores cometidos en la tarea y con la amplitud de dicho componente (Hirsh & Inzlicht, 2010). En el segundo estudio se observó una relación entre el componente P3 y el rendimiento académico en niños de educación básica, se encontró una relación entre la amplitud y las habilidades de lectura y aritmética (Hillman et al., 2012). Ambos estudios concluyen que una mayor amplitud en los potenciales relacionados a eventos estudiados reflejan un incremento en la capacidad de monitorear el desempeño durante la ejecución de una tarea y activan los mecanismos de control ejecutivo necesarios en apoyo del desempeño académico.

En el presente trabajo se presentan perspectivas teóricas acerca del rendimiento académico y las diversas interpretaciones teóricas del éxito escolar, así como los factores asociados al mismo en el primer capítulo. Uno de los factores de mayor relevancia en el presente estudio, lo constituyen las bases neurales relacionadas con la capacidad para resolver problemas, de planear una conducta dirigida a una meta, de inhibir la conducta y regular las emociones, y por lo tanto, realizamos una revisión de los vínculos entre el ámbito educativo y las funciones ejecutivas. De tal manera que resultó necesario que sustentáramos brevemente en el siguiente capítulo las bases neuroanatómicas de los lóbulos frontales como sustrato de las funciones ejecutivas. De particular importancia para el presente trabajo, fue la función ejecutiva asociada con el control inhibitorio de la conducta,

la cual revisamos ampliamente así como las bases neuroanatómicas de las FE, principalmente los lóbulos frontales. A este respecto, fue imprescindible revisar los correlatos electrofisiológicos de dicho control inhibitorio, así que realizamos una breve revisión histórica del electroencefalograma y de los potenciales relacionados a eventos utilizados en este trabajo como principal herramienta para el estudio de dichos procesos. Para finalizar el marco teórico, revisamos la interesante relación entre el procesamiento emocional y el control inhibitorio de la conducta, partiendo del supuesto de que el rendimiento académico y el medio ambiente escolar en el que se desenvuelven los estudiantes resulta altamente emocional, es decir, que las complejas relaciones socio-emocionales que se llevan a cabo en el aula de clase requieren del control inhibitorio de la conducta. Es importante hacer notar que dichas relaciones entre el control inhibitorio, el procesamiento emocional, los potenciales relacionados a eventos y el rendimiento académico no han sido estudiados de manera conjunta.

En vista de lo anterior, en el presente trabajo se pretendió identificar de manera objetiva la relación del rendimiento académico con las diferencias individuales observadas en los potenciales relacionados a eventos asociados con la inhibición de respuestas bajo un contexto emocional, así como su relación con otros factores posiblemente asociados como son el nivel de inteligencia e impulsividad. En este estudio, se incluyen variables objetivas que pueden ayudar en la predicción del rendimiento académico, todo esto con la finalidad de encontrar indicadores conductuales y electrofisiológicos que ayuden a mejorar las habilidades cognitivas y de regulación de la conducta del estudiante.

1ª PARTE: MARCO TEÓRICO

1. *El Rendimiento Académico*

Las Universidades dentro de sus compromisos por generar profesionistas preparados para su entorno, hacen esfuerzos por inferir y establecer cuáles son los factores que determinan el rendimiento del estudiante. Se señala que el rendimiento académico no es el producto de una única capacidad, sino el resultado sintético de una serie de factores que actúan en, y desde la persona que aprende. Puede afirmarse, en términos educativos, que el rendimiento académico es uno de los resultados del aprendizaje suscitado por la actividad educativa del profesor y producido en el alumno, aunque es claro que no todo aprendizaje es producto de la acción docente. Una calificación cuantitativa y cualitativa, se expresa en una nota que si es consistente y válida será el reflejo de un determinado aprendizaje y del logro de unos objetivos preestablecidos (Gómez Sanchez, Oviedo Marin, & Martínez López, 2011). La calidad de la educación, definida como el impacto del sistema educativo sobre las capacidades académicas, económicas y sociales de los estudiantes, es baja en México. La mayoría de los indicadores, incluyendo tasas de repetición, de deserción y éxito en las pruebas nacionales e internacionales, muestran que el promedio de la calidad de los servicios educativos es pobre, todo esto a pesar de que las tasas de deserción escolar y de repetición de grado han disminuido en los últimos años, no se ha observado un incremento en los puntajes obtenidos en las pruebas internacionales como PISA (OECD, 2009).

El rendimiento de los alumnos abarca las distintas dimensiones del acto educativo: el saber docente, la configuración e instrumentación de los planes de estudio, métodos y

estrategias psicopedagógicas, la gestión escolar, la sociología educativa, etc. Es decir, el rendimiento del alumno entreteje toda una trama de aspectos que deben explorarse puesto que está visto que potenciar las capacidades del alumno es un propósito multidimensional que supera con creces la esfera del trabajo aúlico y desde luego, el mero discurso político de la educación. Cuando tratamos el problema de la enseñanza en los ámbitos académicos o incluso a un nivel más estrictamente escolar, solemos reducirnos bastante al pensar las coordenadas escolares en las que se desarrolla esa enseñanza. Las actividades en los salones de clase generalmente se enfocan en el contenido, en el *qué*, más que en los procesos, o en el *cómo*, del aprendizaje y no tienen como objetivo sistemático establecer las estrategias metacognitivas que enseñen a los estudiantes a pensar en el *cómo* pensar y aprender. Como resultado, se establece una gran brecha entre las habilidades y estrategias enseñadas en la escuela con las funciones cognitivas necesarias para tener éxito en el ámbito académico, social y laboral.

El rendimiento académico es un término multidimensional determinado por los diversos objetivos y logros pretendidos por la acción educativa. Desde la perspectiva operativa del término, se le define como la “nota o calificación media obtenida durante el periodo universitario que cada alumno haya cursado”. Rendimiento académico universitario es, por lo tanto, un resultado del aprendizaje suscitado por la actividad educativa del profesor, y producido en el alumno; aunque es claro que no todo el aprendizaje es producto de la acción docente. El rendimiento se expresa entonces como una calificación cuantitativa y cualitativa, una nota, que si fuese consistente y válida, sería el reflejo de un determinado aprendizaje o el logro de objetivos preestablecidos. Las variables y los factores que inciden en él se clasifican de diversas maneras, a saber: variables demográficas o de identificación

(sexo, edad, estado civil, experiencia laboral), variables académicas (tipos de estudios cursados, curso, opción en que se estudia una carrera, rendimiento previo), variables socio-familiares (estudios de los padres, situación laboral de los mismos, lugar de residencia familiar, lugar de estudio) (Tejedor & Muñoz, 2007) y más recientemente, variables cognitivas, de personalidad, de estilos de estudio, etc.

La palabra rendimiento en su sentido etimológico procede del latín «*rendere*» que significa vencer sujetos, someter una cosa al dominio de uno, dar fruto o utilidad a una cosa, es decir, rendimiento es la productividad que algo nos proporciona, es la relación de la utilidad de algo con el esfuerzo realizado (Repetto, 1984). El rendimiento se refiere a la cantidad de trabajo y acierto que una persona desempeña en una tarea encomendada. Está íntimamente relacionado con el cuánto y el cómo ejecuta su labor, es decir, es la productividad del sujeto, el producto final de su esfuerzo. Para algunos, «el término rendimiento está asociado con el despertar revolucionario, en el que fueron alterados los patrones de producción y el hombre pasó a convertirse en medio para alcanzar una producción » (Martínez, 1997). Ser «bueno» en el terreno escolar se sitúa en un conjunto de valores y saberes de cada cultura escolar, por lo tanto, hablar de la escolarización del rendimiento académico, remite necesariamente a la cultura enseñada y exigida en la escuela, espacio en el que se fabrican los juicios y las jerarquías de excelencia escolar a través de la evaluación del profesor, el cual impartió conocimientos en clase y cuenta con el aval social para evaluar a los estudiantes a través de una calificación (generalmente expresada en una escala numérica), de acuerdo al grado de conocimientos adquiridos en clase.

Como puede apreciarse el rendimiento tiene su origen antes de las sociedades industriales y se deriva más directamente del mundo laboral industrial, donde las normas, criterios y procedimientos de medida se refieren a la productividad del trabajador, cuando se evalúa ese procedimiento se establecen escalas «objetivas» para asignar salarios y méritos. Es decir, el concepto rendimiento aparece asociado con la producción del sujeto y su importancia en el contexto económico. En la revisión de definiciones sobre rendimiento académico, el traslado del concepto rendimiento al ámbito educativo generalmente ha resguardado su contexto económico. Habitualmente, se le ha ubicado sólo en un plano descriptivo ceñido a ser comprendido a través de los resultados de un proceso escolar, por lo que se tiende a reconocer el rendimiento a partir del aprovechamiento escolar, calificaciones, aprobación, reprobación, repetición, deserción, egreso y eficiencia terminal (Cruz, 2006).

Las definiciones reflejan la visión parcial que se tiene sobre el rendimiento, atribuyéndolo específicamente al estudiante, en este sentido, cuando se habla de alto rendimiento académico (es decir, cuando hay resultados académicos sobresalientes en las calificaciones), se considera al estudiante de alto mérito individual, que presenta una alta congruencia entre lo que se le enseña y lo que éste demuestra poseer al término del proceso educativo, por tanto el fenómeno del éxito y del fracaso escolar se centra en el alumno. Desde esta posición se ubican principalmente en el alumno las causas del rendimiento académico y ello, se explica por lo general a través de un sólo elemento: la inteligencia. La inteligencia así concebida es atribuible a una capacidad individual del sujeto (Cruz, 2006).

La mayoría de las investigaciones dirigidas a determinar el éxito o el fracaso en los estudios han reducido el concepto de rendimiento a la certificación académica o

calificaciones. Desde un punto de vista práctico, lo habitual es identificar rendimiento con resultados, debiendo distinguirse entre éstos dos categorías: inmediatos y diferidos. Los primeros estarían determinados por las calificaciones que obtienen los alumnos durante su carrera hasta la obtención del título correspondiente y se definen en términos de éxito/fracaso en relación a un determinado periodo. Por otro lado, el rendimiento diferido hace referencia a su conexión con el mundo del trabajo, en términos de eficacia y productividad, se vincula sobre todo, con criterios de calidad de la institución. Aún cabe, al referirnos al rendimiento inmediato, precisar más y diferenciar a su vez entre dos tipos de rendimiento; por una parte, el rendimiento en sentido estricto, medido a través de la presentación a exámenes o éxito en las pruebas (calificaciones), que se traduce en unas determinadas tasas de *promoción* (superación de curso), *repetición* (permanencia en el mismo curso más de un año) y *abandono* (alumnos que dejan de matricularse en cualquiera de los cursos de la carrera); por otra, el rendimiento en sentido amplio, medido a través del éxito (finalización puntual en un periodo determinado) o del fracaso (retraso o abandono de los estudios) (Tejedor, 2003).

La definición operativa del ‘rendimiento académico’, de forma esquemática, se puede establecer a través de los siguientes criterios:

1) **Rendimiento inmediato:** Resultados y calificaciones que obtienen los alumnos a lo largo de sus estudios hasta obtener la titulación correspondiente.

a. Rendimiento en sentido amplio: éxito (finalización puntual de una titulación en los años previstos en el plan de estudios); retraso (finalización empleando más tiempo del establecido oficialmente) y abandono de estudios.

b. Regularidad académica: Tasas de presentación o no a los exámenes.

c. Rendimiento en sentido estricto: Notas obtenidas por los estudiantes.

2) Rendimiento diferido: Se refieren a la aplicación o utilidad que la formación recibida tiene en la vida laboral y social. La valoración de este «rendimiento diferido» es mucho más compleja, ya que entran en juego otras variables de índole más personal y social de los sujetos, difíciles de cuantificar (Armenta, Pacheco, & Pineda, 2008), en este caso, las opiniones de los egresados y de los empresarios tendrían un peso fundamental.

Tomando como base estos dos grandes bloques, podemos definir dos tipos de rendimiento. Por una parte, el rendimiento en sentido estricto, medido a través de la presentación de exámenes o éxito en las pruebas (calificaciones). Por otra, el rendimiento en sentido amplio, medido a través del éxito (finalización puntual), el retraso o el abandono en los estudios. No obstante, hay que señalar que el rendimiento académico, en sentido estricto, lo examinan muy pocos estudios a nivel universitario, dándose más importancia en los mismos a otros criterios de medición. Ello parece lógico, si tenemos en cuenta que “cuanto más bajos son los niveles de escolarización menos relevancia tiene el problema de la deserción y más relevancia tiene el tema de las calificaciones escolares para determinar el rendimiento académico de los alumnos. Pero a medida que alcanzamos en los niveles de escolarización, los papeles se invierten” (Latiesa, 1992).

También se habla de *regularidad académica*, cuando el concepto de rendimiento académico se presenta mediante las tasas de presentación o no a las convocatorias de exámenes. Igualmente, en este concepto de rendimiento en sentido amplio cabe incluir la referencia al tratamiento de las actitudes de los alumnos hacia los estudios, hacia la institución, etc. La consideración, por otra parte, de las condiciones institucionales que

pueden contribuir a producir un determinado rendimiento en el alumno, nos conduce directamente a la necesidad de valorar la satisfacción de los alumnos con dichas condiciones. Queda así concretada nuestra concepción amplia del rendimiento: calificaciones, tasas de éxito/fracaso (individuales y colectivas), actitudes y satisfacción (Tejedor & Muñoz, 2007).

El término rendimiento se ubica como una expresión valorativa particular del proceso educativo que se da en el marco de la institución escolar. En dicho proceso se entrelazan un conjunto de relaciones pedagógicas y sociales que inciden en la institución y condicionan el rendimiento ya que está sometido a todas las variaciones, contradicciones, cambios y transformaciones del proceso educativo. En el presente trabajo se parte de la idea central de que rendimiento académico no es un hecho aislado, sino que es el reflejo de los procesos de neurodesarrollo fomentados por la acción educativa, y que forma parte del proceso escolar articulado con la historia socio-familiar e individual de los sujetos. En este proceso la obtención de altas calificaciones es importante, pero como reflejo de que los estudiantes desarrollan una serie de capacidades, habilidades y conocimientos indispensables para utilizar de la mejor manera posible los recursos que la escuela pone a su disposición y desarrolle una reflexión crítica del conocimiento para llevarlo a la práctica en diversos contextos. Este último elemento (confrontación entre lo cognitivo y lo experiencial) modifica substancialmente la concepción del rendimiento académico, al considerarlo un constructo complejo, determinado por pautas comportamentales pero también por influencias externas que impregnan las capacidades cognitivas del alumno. Si bien las notas o calificaciones escolares siguen siendo un parámetro de medición del éxito del acto educativo concreto, se considera que el rendimiento no es producto de la

apropiación meramente intelectual, sino que se reconoce la influencia sobre el desarrollo neurocognitivo del entorno sociocultural, escolar y del medio socio-afectivo en que el alumno se desarrolla (Wertsch, 1991).

Las interpretaciones sobre el rendimiento académico atribuidas sólo al estudiante son unilaterales y no es posible explicar la complejidad de este fenómeno educativo a través de un sólo factor, es necesario incorporar varios niveles o dimensiones en su intento de explicación, existiendo diferencias importantes en la influencia relativa de cada una de las dimensiones, es decir, los resultados de los estudiantes deben atribuirse a las diferencias individuales de cada uno de ellos, que a su vez están determinadas por la interacción de múltiples factores de naturaleza social, cultural, familiar e individual (cognitivos, afectivos y motivacionales) (Marchesi & Hernández, 2003).

El listado de variables, factores y elementos condicionantes o condicionados que intervienen o influyen en el rendimiento académico es amplio, concreto y, en cierto modo, determinante. Sin embargo, a pesar de que la teoría científica sobre la cuestión ha avanzado considerablemente, no es menos cierta la gran cantidad de contradicciones que se observan paulatinamente en los diferentes estudios comparados entre países, a las que no es fácil ofrecer respuesta. Tradicionalmente, las teorías psicológicas y educativas asumen que las diferencias en el desempeño escolar pueden ser explicadas gracias a las habilidades innatas, a la personalidad, o a factores ambientales. Sin embargo, algunos han reportado que el desempeño escolar está mediado por las capacidades o habilidades generales conocidas como “auto eficacia”. Esta es definida como “el conocimiento de las habilidades personales para organizar y ejecutar un curso de acción requerido para producir un meta establecida”. Estudiantes de Estados Unidos, Europa y Asia con auto eficacia para disciplinarse, para

desarrollar habilidades cognitivas, y para obtener el apoyo necesario de los padres, maestros y amigos, se desempeñan bien en el ámbito escolar (Bandura, 1997; Kim & Park, 2006).

A nivel cultural, las diferencias en el rendimiento académico pueden ser atribuidas a diferentes valores. La cultura por lo pronto puede ser definida como “la utilización colectiva de los recursos naturales y humanos para lograr los resultados deseados” (Kim & Park, 2006). Las diferencias culturales existen porque tenemos diferentes objetivos y metas, utilizamos diferentes métodos y recursos para alcanzarlas y les damos diferentes significados. La infinidad de aspectos que afectan el desempeño académico de los estudiantes que ingresan a una institución de nivel superior, probablemente, incluye no sólo influencias externas como el entorno familiar, las amistades, las características socio-demográficas, entre otras, sino que también juega un papel fundamental la salud mental (Armenta et al, 2008).

El rendimiento académico es un producto multicondicionado y de ello ofrecen clara muestra algunos representativos y clásicos estudios nacionales e internacionales realizados al respecto (Nieto & Recamán, 2012). El listado de variables, factores y elementos condicionantes o condicionados que intervienen o influyen en el rendimiento académico es amplio, concreto y, en cierto modo, determinante. Sin embargo, a pesar de que la teoría científica sobre la cuestión ha avanzado considerablemente, no es menos cierta la gran cantidad de contradicciones que se observan paulatinamente en los diferentes estudios comparados entre países, a las que no es fácil ofrecer respuesta. El alto grado de fracaso escolar de la educación superior observado actualmente está teniendo repercusiones de todo tipo. Por una parte, se produce un incremento en el coste por licenciado universitario,

disminuyendo la eficacia del gasto público; por otra parte, está contribuyendo a una masificación de la universidad, al sobrecargarse las aulas con estudiantes que no van a terminar los estudios o que emplean más cursos de los establecidos para finalizar la carrera.

Es necesario dar especial importancia al rendimiento académico en la educación superior debido al gran impacto que éste tiene sobre las instituciones y los individuos. El término rendimiento académico no es fácil de definir unívocamente y sobre él se han dado muchas interpretaciones. No obstante, parece haber cierto acuerdo en afirmar que el concepto de rendimiento académico es multidimensional, dada la pluralidad de objetivos y logros perseguidos por la acción educativa. Por lo tanto, y sin entrar en la propia definición del concepto, la mayoría de investigaciones dirigidas a determinar el éxito o el fracaso en los estudios han reducido el concepto de rendimiento a la certificación académica (calificaciones). Existe una focalización sobre criterios basados en definiciones operativas y que habitualmente identifican rendimiento académico con calificaciones, pruebas objetivas o notas, y por otro lado, con la finalización de la carrera en plazo, con retraso, con abandono de la misma y con cambios en los estudios (HELMANTICA, 1996).

El rendimiento académico está vinculado con los fenómenos del éxito y del fracaso y han encontrado en la escuela su espacio natural, de tal manera que se encuentran concepciones que lo abordan siempre de manera parcial. En el rendimiento académico intervienen además del nivel intelectual, variables cognitivas, de personalidad, motivo-emocionales, entre otras, y tales relaciones con el rendimiento no se establecen de manera lineal, sino que están moduladas por otras variables que están articuladas con el neurodesarrollo, la historia socio-familiar y escolar de los alumnos (Ardila, Rosselli, Matute, & Guajardo, 2005; Baker, Salinas, & Eslinger, 2012; Bratko, Chamorro-Premuzic,

& Saks, 2006). De esta manera, las potenciales contribuciones de la investigación en las ciencias sociales cierran la distancia entre la investigación de las neurociencias cognitivas y la investigación educativa. A pesar de la aparente ausencia de diálogo interdisciplinario entre las neurociencias, la pedagogía, la sociología educativa y los estudios relacionados con el impacto cultural que la educación formal ha generado en la sociedades, se han logrado llevar a cabo exitosamente investigaciones relacionadas con el papel que ejerce el ambiente social, como la educación, sobre el desarrollo neurocognitivo.

En este contexto, el Centro para la Investigación e Innovación Educativas (CERI) de la OCDE puso en marcha una iniciativa internacional materializada en el proyecto que lleva por título “Ciencias del aprendizaje e investigación sobre el cerebro”. Su objetivo fundamental era aproximar al mundo de la educación los avances que, ya entonces, se iban acumulando en el ámbito de las neurociencias (OCDE-CERI, 2001). El desarrollo de técnicas no invasivas de diagnóstico, que permiten conocer la actividad de diferentes áreas cerebrales como consecuencia de procesos cognitivos o emocionales, ha ido aportando información significativa y hallazgos relevantes para comprender, desde sus fundamentos, los procesos de aprendizaje y orientar mejor las políticas y prácticas educativas. Dos grandes grupos de investigación aislados que anticipan la integración dinámica entre las neurociencias y la educación se están llevando a cabo. El primer gran grupo consiste en la investigación sobre la construcción social de la cognición a través de la educación en las sociedades contemporáneas, incluyendo los efectos de la educación sobre el desarrollo neurológico y cognitivo; la expansión demográfica que está expuesta a la influencia que ejerce la educación en el desarrollo; el impacto cultural que tiene la educación sobre el significado del aprendizaje y su efecto reforzador sobre la cognición como pieza clave en

las capacidades humanas que se tienen que cursar a través de las instituciones de la sociedad postindustrial. Un segundo gran grupo de investigación se enfoca en los temas relacionados con las neurociencias y las bases teóricas que sustentan las hipótesis detrás del efecto de la educación sobre el neurodesarrollo (Baker et al., 2012).

La construcción del conocimiento en la interfaz de la neurociencia y la educación requiere de colaboración. Cuando dos áreas profesionales se encuentran para colaborar, cada una aporta un conjunto de preconcepciones acerca del campo de la otra. Por regla general, los educadores carecen de formación profesional en neurociencia y en la mayoría de los casos en psicología, pero podemos prever que elaboren constructos sobre el cerebro. De hecho, dada las diferencias epistemológicas que existen entre las ciencias sociales y las naturales, algunos métodos mediante los que se construye el saber pedagógico en educación pueden resultarles a los científicos sorprendentemente diferentes de los estudios de laboratorio, altamente centrados y a veces reduccionistas, que nosotros preferimos. Hay muchos docentes que han desarrollado su conocimiento del cerebro a través de su experiencia educativa o profesional previa, una formación adecuada y su esfuerzo individual. Del mismo modo, la perspectiva de los neurocientíficos también puede cambiar como resultado de su contacto con la educación y también a consecuencia de convertirse en padres (Howard-Jones, 2010). La neurociencia no es la salvadora de la educación; es más bien una interesante fuente de hipótesis. Los educadores tienen que aprender de las explicaciones provistas por las neurociencias y llegar a unas formas de traducir la ciencia a formas significativas de mejorar el aprendizaje durante las clases (Varma & Schwartz, 2008).

Tomando en cuenta estos dos grandes grupos de investigación, se encuentran profundas relaciones simbióticas entre los individuos, las instituciones y las sociedades que influyen y modelan el neurodesarrollo. Lo que ocurre en las aulas de clases de todo el mundo mejora no sólo la amplitud y profundidad de los contenidos específicos en los programas de estudio, sino que también y más importante, la naturaleza de los procesos cognitivos y especialmente, el funcionamiento de sus capacidades cognitivas. Las neurociencias y el sistema educativo asocian significados diferentes a las mismas palabras. A este respecto un área importante de divergencia es el significado de la palabra “aprendizaje”, actualmente ambas disciplinas abordan los temas relacionados con el aprendizaje pero de formas diferentes. Sin embargo, las transgresiones comunes para dar sentido al mismo no reflejan ninguna incompatibilidad fundamental entre estos dos campos. En cambio, estas aparentes divergencias reflejan la necesidad de una idea educativa que incluya la perspectiva de las neurociencias cognitivas. De tal manera que resulta necesario un campo de investigación neuroeducativo que promueva el conocimiento científico y educativo, tomando como base dos grandes objetivos: 1) promover el conocimiento y la práctica educativa mediante la inclusión de ideas derivadas de las ciencias del cerebro y de la mente; 2) promover la comprensión científica de las complejas relaciones entre mente, cerebro y aprendizaje, a través de la interacción de la ciencia natural con el contexto educativo (Howard-Jones, 2010).

De acuerdo a ciertos estudios sustentados en los factores asociados al rendimiento académico, se establece que todos los alumnos llegarán a la escuela con motivación para aprender, pero no siempre es así, e incluso si tal fuera el caso, algunos alumnos aún podrían encontrar aburrida o irrelevante la actividad escolar. Así mismo, el docente en primera

instancia debe considerar cómo lograr que los estudiantes participen de manera activa en el trabajo de la clase, es decir, que generen un estado de motivación para aprender. Por otra parte, es necesario crear una motivación relacionada con el cómo desarrollar en los alumnos la cualidad de estar incentivados para aprender, de modo que sean capaces de educarse a lo largo de su vida, y finalmente, que los alumnos participen cognoscitivamente, en otras palabras, que piensen a fondo acerca de lo que quieren estudiar (Navarro, 2004).

El proceso educativo busca mejorar el rendimiento del estudiante, de ahí su importancia y la necesidad de considerar los factores que intervienen en él. Estos factores, también llamados determinantes del rendimiento académico, son difíciles de identificar, sin embargo, requieren acotarse para establecer la influencia e importancia que cada uno tiene en el proceso educativo (Tejedor, 2003). Elevar el rendimiento de los alumnos constituye una parte fundamental del discurso de las políticas públicas educativas. De hecho, todos y cada uno de los planes y programas de mejora académica subyacen en el objetivo político de elevar el rendimiento académico del alumnado; medidas tales como la optimización de la gestión de las escuelas, la elevación del perfil docente, la creación de sistemas eficaces de educación continua, entre otras, giran en torno a la compleja premisa de mejorar el rendimiento académico en todos los niveles educativos.

1.1 *El significado del fracaso escolar*

El término “fracaso escolar” es ya inicialmente discutible. En primer lugar, porque transmite la idea de que el alumno “fracasó” y que no ha progresado durante sus años escolares, ni en el ámbito de sus conocimientos ni en su desarrollo personal y social, lo que no siempre responde a la realidad. En segundo lugar, posiblemente porque ofrece una imagen negativa del alumno, lo que podría afectar a su autoestima y a su confianza para mejorar en el futuro. En tercer lugar, porque en ocasiones centra el problema del fracaso en el alumno y parece olvidar la responsabilidad de otros agentes e instituciones como las condiciones sociales, la familia, el sistema educativo o la propia escuela. A pesar de las apariencias, la noción de fracaso escolar no designa una realidad simple de identificar y de circunscribir. Desde un punto de vista realista, ¿el fracaso escolar designa una entidad pedagógica y social que ocupa la posición de objeto natural? o, por el contrario, debemos aprehenderlo como producto y resultado de una construcción biológica y social, desde luego no arbitraria, sino históricamente determinada.

Estos problemas han conducido a utilizar otras denominaciones, como “alumnos con bajo rendimiento académico” o “alumnos que abandonan el sistema educativo sin la preparación suficiente”. Sin embargo, el término de “fracaso escolar” está ampliamente acuñado en todos los países y es mucho más sintético que otras expresiones, por lo que no es fácil modificarlo. Cualquiera que sea la definición y el indicador que seleccione, lo recurrente es que se considera que el mantenimiento de altas tasas de fracaso escolar provoca graves consecuencias en los alumnos y en la sociedad. Los jóvenes que abandonan

prematuramente el sistema educativo o que no alcanzan la cualificación mínima necesaria tienen una escasa confianza en sus probabilidades y una baja motivación para incorporarse a programas de formación. La probabilidad de encontrar trabajo, su estabilidad en el mismo y su retribución económica es menor que en los casos de mayor nivel educativo. El problema del fracaso escolar no es sólo un problema educativo, sino que resulta ser también un problema con enormes repercusiones individuales y sociales.

En la actualidad existe un amplio acuerdo en que las interpretaciones unidimensionales del fracaso escolar son inexactas y de que no es posible explicar la complejidad de este fenómeno educativo a través de un solo factor. La mayoría de los estudios e investigaciones coinciden al incorporar varios niveles o dimensiones en su intento de explicación. En lo que existen diferencias importantes es en la influencia relativa de cada una de las dimensiones. No existe una única variable capaz de explicar los datos del fracaso escolar. El informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2007) sobre fracaso escolar apunta tres manifestaciones diferentes de este fenómeno. La primera se refiere a los alumnos con bajo rendimiento académico, es decir, aquellos que a lo largo de su escolarización no alcanzan un nivel de conocimiento mínimo. La segunda abarca a los alumnos que abandonan o terminan la educación obligatoria sin la titulación correspondiente. La tercera apunta a las consecuencias sociales y laborales en la edad adulta de los alumnos que no han alcanzado la preparación adecuada. Las tres tienen una estrecha relación aunque el momento en el que se producen –durante la educación, al final de la misma o posteriormente- sea diferente y sus implicaciones por lo tanto también.

Se ha señalado que existe un amplio acuerdo entre los investigadores de que no hay una única explicación del fracaso escolar, sino que debe comprenderse desde una perspectiva multidimensional. Éste, como la propia educación, es una realidad difícil de aprehender en la que influyen de forma interactiva múltiples dimensiones cuya influencia relativa varía además a lo largo del tiempo. El modelo que se ha propuesto tiene en cuenta condiciones sociales, la familia, y la funcionalidad cerebral. No son factores aislados, sino que todos ellos se encuentran estrechamente relacionados (Marchesi & Hernández, 2003)

A pesar de los esfuerzos por superar el fracaso escolar durante al menos dos décadas, el problema persiste –en diferentes formas y gradas- en todos los países de la OCDE. Esto se debe, en parte, a que las capacidades necesarias para la integración social y productiva del individuo se han vuelto cada vez más complejas. El renovado interés de los principales actores educativos en el bajo rendimiento escolar surge de las consecuencias, cada vez mayores, que éste tiene para el individuo, pues lo condena al desempleo o a un empleo con bajos ingresos; para el sistema educativo, porque implica desperdicio de recursos en una época de restricción del gasto público; para la sociedad en general, porque impacta negativamente la competitividad económica y la cohesión social (OECD, 2007).

El fracaso escolar es un fenómeno históricamente reciente y ligado a la aparición en nuestras sociedades de una institución encargada de impartir *determinados aprendizajes* a un grupo *determinado de edad*, según unas modalidades *codificadas*. El elevado número de alumnos que fracasan en el aprendizaje escolar es uno de los problemas más importantes con los que se enfrentan la mayoría de países en el ámbito educativo (Garbanzo, 2007). Probablemente, el problema más importante para poder cuantificar las tasas del fracaso

escolar es que no existe una definición comúnmente aceptada por investigadores, teóricos, académicos, en las políticas públicas educativas, así como entre gobiernos.

El concepto de fracaso escolar está estrechamente ligado a la organización del sistema educativo de cada país, así como a sus objetivos y a la existencia de sus procedimientos de evaluación (Rivière, 1990) de tal manera que:

- Está relacionado con dificultades en la adquisición del conocimiento o con problemas de adaptación a la escuela.
- Es la reproducción de una situación al final de la formación, por ejemplo, o la expresión de una situación evolutiva compleja.
- Es parcial o masivo, permanente o momentáneo.
- Es normal en una escolaridad, o bien, juzgado como dramático, perjudicial, irreversible.
- Tiene una naturaleza diferente según la edad en la que se constata.
- Depende del grado de desarrollo económico y tecnológico de cada país.

Por lo tanto, el fracaso escolar tendrá varias definiciones y varias indicaciones, según sea en relación a su coste en la sociedad, según concierna al individuo o según esté analizado por la institución escolar (Molina, 1997). Es un concepto de dos caras: corresponde a algo visible pero también representa un constructo hipotético, deducido, invisible: el fracaso escolar, el fracaso social.

El fracaso escolar “no es un concepto sociológico. Es una categoría del discurso y de la práctica escolar. Como tal, es susceptible de constituir un objeto del análisis sociológico. Un fracaso no se define en relación con un proyecto. Falta saber qué proyecto

y de quién es legítimamente el proyecto” (Carpentier, 2003). Visto desde este ángulo, el fracaso escolar, al igual que el éxito, adquiere un valor relativo vinculado con las posiciones sociales e institucionales de unos y otros. Así, por ejemplo, la obtención del certificado de bachillerato puede parecer un éxito relativo en una familia obrera, pero percibirse como un fracaso en un medio social con mayor capacidad económica.

Lo anterior permite destacar las dos grandes visiones contemporáneas del rendimiento escolar. La primera sostenida por ANUIES, considera que el rendimiento escolar se expresa en una calificación escolar que asigna el profesor quien cuenta con el aval de la sociedad, por lo tanto es el resultado de una evaluación de acuerdo a lo que espera el profesor debe poseer el estudiante, desde esta visión lo más importante es el resultado o producto de lo aprendido, ubicándose las causas del rendimiento en él. Por lo tanto, el rendimiento escolar va más allá del conocimiento, abarcando aspectos como: habilidades, destrezas, actitudes y valores; aquí incluyen el proceso enseñanza-aprendizaje y adoptan una postura más flexible que permita considerar otras formas de identificar al estudiante que destaca en rendimiento aparte de la evaluación. Ambas posiciones no contemplan un análisis crítico de lo que aportan otros agentes e instituciones como las condiciones sociales, la familia, el sistema educativo y la propia escuela (ANUIES, 2002).

El éxito escolar, requiere de un alto grado de adhesión a los fines, los medios y los valores de la institución educativa, que probablemente no todos los estudiantes presentan. Aunque no faltan los que aceptan incondicionalmente el proyecto de vida que les ofrece la Institución, es posible que un sector lo rechace, y otro, tal vez el más sustancial, que sólo se identifica con el mismo de manera circunstancial. Aceptan, por ejemplo, la promesa de movilidad social y emplean la escuela para alcanzarla, pero no se identifican con la cultura

y los valores escolares, por lo que mantienen hacia la Institución una actitud de acomodo, la cual consiste en transitar por ella con sólo el esfuerzo necesario. O bien se encuentran con ella en su medio cultural natural pero no creen o no necesitan creer en sus promesas, porque han decidido renunciar a lo que se les ofrece, o lo tienen asegurado de todos modos por su condición socioeconómica y entonces procuran disociarse de sus exigencias (Navarro, 2003).

Al momento de señalar las causas del fracaso escolar algunos indicadores se perfilan hacia los programas de estudio, la masificación de las aulas, la falta de recursos de las instituciones y raras veces al papel de los padres y su actitud de creer que su responsabilidad acaba donde empieza la de los maestros. Por su parte, los profesores en la búsqueda de solución al problema se preocupan por desarrollar un tipo particular de motivación de sus estudiantes, “la motivación para aprender”, la cual consta de muchos elementos, entre los que se incluyen: la planeación, concentración en la meta, conciencia metacognitiva de lo que se pretende aprender y cómo se pretende aprenderlo, búsqueda activa de nueva información, percepciones claras de la retroalimentación, elogio y satisfacción por el logro y ninguna ansiedad o temor al fracaso (Navarro, 2003).

Cuando se analiza la problemática en los estudiantes, muchas son las causas que podrían estar relacionadas con su bajo rendimiento académico o con el fracaso escolar. Para estos estudiantes el mundo universitario se les presenta como un universo con muchas posibilidades y en el cual ellos pueden elegir. Empiezan a “estrenar libertad”; y la libertad en un adolescente puede convertirse en algo no deseable. Sin coordinador de disciplina, sin timbres y controles escolares en la universidad, puede provocar una o varias de las siguientes acciones: que se descontrolan; no estudian lo suficiente, dejan de ir a clases, no

organizan el tiempo y así, poco a poco, pueden ir teniendo problemas serios de rendimiento académico que cada vez los ponen en situación de riesgo de tener que abandonar la universidad. Dichas conductas impulsivas, de riesgo y la falta de motivación tienen un sustrato neurobiológico, que puede ser interpretado en base a las diferencias individuales, a la edad, al género, etc. El rendimiento académico es un punto de partida para las decisiones más importantes en la vida académica, personal y en un sentido más amplio, juega un papel muy importante en mantener la capacidad de innovación científica y cultural.

1.2 Factores asociados al Rendimiento Escolar

Probablemente, una de las dimensiones más importantes en el proceso de enseñanza aprendizaje lo constituye el rendimiento académico del alumno. Cuando se trata de evaluar el rendimiento académico y de cómo mejorarlo, se analizan en mayor o menor grado los factores que pueden influir en él, y generalmente se consideran, entre otros, factores socioeconómicos, la amplitud de los programas de estudio, las metodologías de enseñanza utilizadas, la dificultad de emplear una enseñanza personalizada, los conceptos previos que tienen los alumnos, así como el nivel de pensamiento formal de los mismos. Sin embargo, “se puede tener una buena capacidad intelectual, buenas aptitudes y no estar obteniendo un rendimiento adecuado”, y es precisamente que ante esta disyuntiva y con la perspectiva de

que el rendimiento académico es un fenómeno multifactorial como iniciamos su discusión (Navarro, 2003). Por otra parte, en la presente revisión e investigación, nos enfocaremos a discutir los factores o determinantes del rendimiento académico en educación superior, es decir, en jóvenes adultos donde los procesos de maduración y desarrollo no constituyen una variable determinante que afecte el rendimiento académico.

Es obligado hablar de los determinantes o factores que influyen en el rendimiento, pues desde el análisis de los mismos podemos abordar el estudio de las causas del fracaso escolar. De tal manera, que los factores se podrían agrupar en: aspectos individuales, aspectos estructurales de la oferta educativa, aspectos vivenciales de los alumnos, aspectos coyunturales del mercado de trabajo y aspectos institucionales del centro universitario (Latiesa, 1992). Otra agrupación que resume factores a tener en cuenta para determinar su posible influencia en el fracaso universitario es la siguiente: factores inherentes al *alumno* (falta de preparación para acceder a estudios superiores, desarrollo inadecuado de aptitudes específicas, aspectos de índole actitudinal, falta de métodos de estudio, estilos de aprendizaje no acordes con la carrera elegida); factores inherentes al *profesor* (deficiencias pedagógicas, falta de tratamiento individualizado a los estudiantes, falta de mayor dedicación) y factores inherentes a la *organización académica universitaria* (ausencia de objetivos claramente definidos, falta de coordinación entre distintas materias, sistemas de selección y criterios objetivos para la evaluación) (HELMANTICA, 1996).

Las investigaciones realizadas sobre factores del rendimiento académico y la posibilidad de utilizar aquellos como predictores de éste se han limitado a estudiar tan sólo algunos factores de los anteriormente enunciados. Las conclusiones son variadas, pero todas parecen coincidir en la influencia significativa de variables tales como “rendimiento

académico (calificaciones) previo a la entrada en la universidad”, “realización o no de la carrera deseada” entre otros. Así que es muy probable que nos encontremos a estudiantes desmotivados por su carrera, desorganizados, que dedican poco tiempo al estudio y creen que sus esfuerzos, cuando los realizan, no son recompensados adecuadamente. Además, estos estudiantes por lo general no están en el ambiente ideal y sus condiciones de vida y de residencia no son las más idóneas para favorecer el estudio. Por último, están convencidos de que la causa más importante de su fracaso está en la incapacidad docente del profesorado, que le impone unos programas demasiado extensos con mucha exigencia (HELMANTICA, 1996).

Los trabajos de investigación tienden a utilizar *modelos eclécticos de interacción*, en los cuales se toman en cuenta algunas de las influencias (psicológicas, sociales, pedagógicas) que pueden determinar o afectar al rendimiento académico (Martín del Buey & Romero, 2003; Tejedor, 2003). Así, dependiendo de la óptica con que se aborde el trabajo, se seleccionarán diferentes factores explicativos del rendimiento: rasgos de personalidad e inteligencia; rasgos aptitudinales; características personales; origen social; trayectorias académicas; estilos de aprendizaje; aspiraciones y expectativas; métodos pedagógicos, condiciones en que se desarrolla la docencia, etc. (Cuadro 1.) . En términos generales, sería interesante diferenciar cinco tipos de variables:

- *Variables de identificación* (género, edad)
- *Variables psicológicas* (aptitudes intelectuales, personalidad, motivación, estrategias de aprendizaje, etc.)
- *Variables académicas* (tipos de estudios cursados, curso, opción en que se estudia una carrera, rendimiento previo, etc.)

- *Variables pedagógicas* (definición de competencias de aprendizaje, metodología de enseñanza, estrategias de evaluación, etc.)
- *Variables socio-familiares* (estudios de los padres, profesión, nivel de ingresos, etc.).

Cuadro 1.- Variables estudiadas como causas del bajo rendimiento académico.

Institucionales	Relacionadas con el propio alumno	Relacionadas con el profesor
Número de asignaturas - Extensión de los programas - Dificultad de las materias - Coordinación entre los programas de las materias - Recursos para la docencia - Rango profesor: alumno - Horario de las clases - Número de clases prácticas - Número de exámenes y trabajos - Clima institucional	- Número de opción en la elección de la titulación - Orientación recibida hacia los estudios - Aptitud del alumno - Dominio de técnicas de estudio - Responsabilidad y nivel de exigencia del alumno - Nivel de motivación hacia los estudios - Absentismo-participación-asistencia - Clima de clase - Desinterés/perspectiva laboral - Falta de esfuerzo	- Excesiva exigencia - Tipo de examen - Adecuación de las pruebas de evaluación - Subjetividad en la corrección de los exámenes - Escasa información sobre los criterios de evaluación - Estrategias de motivación - Comunicación profesor-alumno

Existen publicaciones que abordan el tema del rendimiento académico en estudiantes universitarios, buscando identificar los factores que influyen en tal suceso, algunos de estos se muestran en seguida. En cuanto la variable demográfica sexo, se ha reportado que el rendimiento académico es superior en las mujeres en comparación con los hombres, ya que estas adoptan comportamientos más adecuados a las normas universitarias, trabajan más que los hombres y se preparan para los exámenes todo el tiempo (Artunduaga, 2008), siendo esas diferencias atribuibles a la socialización del género femenino.

Una variable distintiva del fracaso en la universidad que, según apuntan ciertos autores (Belvis-Pons, Moreno-Andrés, & Ferrer-Julia, 2009), se va a acrecentar en los próximos años es el género. Efectivamente, parece que las estudiantes obtienen, por lo

general, mejores resultados en la enseñanza superior. Ello obedece a diversos factores entre los cuales los dos siguientes son los que cobran más fuerza:

- Una mejor preparación en el periodo de la enseñanza primaria y secundaria en comparación a los varones, que parece constatarse en los últimos decenios.
- Unas mayores expectativas de las chicas respecto a su trayectoria escolar y profesional futura.

De hecho se descartan otros factores biológicos como explicativos de estas diferencias de resultados en función del género. Un completo estudio de la OCDE (2007), que recoge las últimas investigaciones sobre este tema desde la perspectiva de las neurociencias, así parece confirmarlo (Belvis-Pons et al., 2009).

La satisfacción con los estudios se considera un complemento a la variable rendimiento que une elementos no medibles directamente, pero que expresa el grado de conformidad (Tejedor, 2003) y el sentido de gusto por la carrera elegida (Arias & Flores, 2005). Por otro lado, el rendimiento también ha sido medido mediante variables socioeducativas. Entre las variables más relevantes para explicar el rendimiento académico se encuentran el título secundario obtenido, la carrera elegida y el nivel educacional alcanzado por la madre (Porcel, Dapozo, & López, 2010).

En cuanto a los factores más vinculados directamente a los estudiantes, se apuntan las siguientes conclusiones y se evidencia que hay muchas influencias, fuertes y significativas, sobre los resultados de los estudiantes. Se destacan tres tipos de factores, además de destacar la diferencia de género en los resultados:

- Las calificaciones previas obtenidas por los estudiantes.

- El tipo de escolaridad previa que ha seguido el estudiante (por ejemplo: red privada o pública).
- El entorno familiar, que puede ser el resultado de la transmisión cultural y las aspiraciones que se dan en el seno de la familia; o el hecho de que los estudiantes de familias con menos recursos tiene que complementar sus ingresos con trabajos a tiempo parcial (Naylor & Smith, 2004).

Ahondando en esta idea, se estableció en su momento que el factor más explicativo del éxito académico en la enseñanza superior era precisamente la integración social y académica del estudiante en el centro de enseñanza superior. Se señaló que los factores claves de la integración eran los siguientes (Tinto, 1982, 1992):

«(...) el entorno familiar del estudiante, sus características personales, su escolarización previa, el grado de éxito escolar obtenido con anterioridad, las percepciones sobre el grado de compromiso de los profesores con sus estudiantes y la calidad de las relaciones establecidas con otros estudiantes y el cuerpo de profesores».

En un trabajo sobre determinantes del rendimiento académico en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de la Plata, mediante la utilización de un modelo de regresión múltiple, se encontró que el nivel educativo de los padres es una variable que aporta en la explicación del rendimiento académico, así como el número de horas trabajadas (Porto & Di Gresia, 2000). No obstante, estas variables explican solamente el 17% de la variación total del rendimiento académico. En dicha investigación, se utilizan dos indicadores de rendimiento académico, como variable dependiente. El primero es el número de materias aprobadas, sobre el número de años que ha permanecido el estudiante

en la universidad; el segundo indicador es el cociente anterior, multiplicado por el promedio de la calificación, incluyendo las notas de asignaturas perdidas (Girón & González, 2005).

Ser exitoso académicamente en la educación media y media superior es fundamental para el éxito profesional del futuro estudiante de educación superior (Kuncel, Hezlett, & Ones, 2001), particularmente cuando la admisión a las preparatorias y licenciaturas depende de la calificación final y el grado obtenido. En general, los predictores del desempeño académico los dividen en dos grandes grupos, los cognitivos y los no cognitivos (Rindermann & Neubauer, 2001; Robbins et al., 2004). Típicamente las variables cognitivas –en particular la habilidad mental y la inteligencia fluida- explican en gran medida la variación en el éxito de los individuos.

En diversos estudios, varias medidas de la inteligencia, o más específicamente de la inteligencia fluida, representaron hasta el 58% de la varianza en las medidas del rendimiento académico (Deary, Strand, Smith, & Fernandes, 2007). Sin embargo, las medidas aplicadas a la inteligencia fluida no reflejan ningún proceso cognitivo en particular, y han sido ampliamente criticados en ese sentido (Oberauer, Süß, Wilhelm, & Whittmann, 2008). Por lo tanto, al relacionar los componentes generales de la inteligencia (como la inteligencia fluida) al rendimiento académico, los procesos cognitivos involucrados no pueden ser indentificados. Como consecuencia, los científicos que examinan los predictores del rendimiento académico han enfocado su atención a los distintos procesos cognitivos que se asume son factores limitantes de la inteligencia fluida. Los factores más prominentes y más frecuentemente estudiantes como factores limitantes

de la inteligencia fluida son la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento (Schweizer, 2005).

El puntaje del rendimiento académico en estudiantes de educación media superior se correlacionan con los puntajes del IQ entre .50 y .70 y el desempeño en las pruebas estandarizadas para medir el rendimiento académico puede ser utilizados para estimar los puntajes del IQ (Frey & Detterman, 2004). Existe evidencia empírica de una fuerte asociación entre las habilidades cognitivas generales y el rendimiento académico. Las investigaciones recientes se han enfocado en delinear la estructura de estas habilidades cognitivas para poder entender las diferencias individuales del puntaje psicométrico “g” de los puntajes del IQ. Estos mismos constructos son relevantes para la comprensión del rendimiento académico, siendo la velocidad de procesamiento y la memoria de trabajo los procesos cognitivos que se han utilizado para explicar qué es lo que dirige a eficiencia mental y las habilidades cognitivas en general (Rohde & Thompson, 2007).

Algunos investigadores en el área de educación tienen la tendencia de ver el componente “g” como un valor estadístico irrelevante y sugieren que las medidas de las habilidades cognitivas simplemente reflejan el éxito académico o el conocimiento adquirido. Por el contrario, una gran número de literatura relacionada con este valor psicométrico (“g”) sugieren que éste determina las habilidades cognitivas y el rendimiento académico como dos constructos fuertemente relacionados y a la vez distintos uno del otro. Un hecho importante a resaltar es que estos no son capaces de predecirse perfectamente el uno al otro. Cerca del 50% de la varianza en el rendimiento académico no puede ser considerada mediante las medidas psicométricas por si solas (Rohde & Thompson, 2007). De tal manera, que la memoria de trabajo, la velocidad de procesamiento

y las habilidades espaciales son habilidades cognitivas específicas que sí reflejan su influencia en el rendimiento académico.

Otro factor destacable, utilizado con asiduidad desde la perspectiva de las desigualdades educativas, es de la clase social a la que pertenece la familia del estudiante —o el nivel de estudios de sus padres— y el impacto que tiene sobre su carrera académica. Una mirada en perspectiva histórica nos muestra lo que se ha avanzado en este terreno, a pesar de existir en la actualidad importantes déficits sin resolver. Cabe esperar, por tanto, que de la misma manera que el nivel de estudios de los padres condiciona aún el acceso a la enseñanza superior, también puede suponerse su incidencia sobre el seguimiento de los mismos, sobre el éxito o fracaso del estudiantado. Los estudios al respecto demuestran que los alumnos de clases modestas que acceden a la universidad están más expuestos al abandono de los estudios y al fracaso que los de clase media o alta (OECD, 2007). El reconocer la existencia de programas compensatorios en el marco mundial de las instituciones educativas públicas o privadas, resulta una antítesis a la tan anhelada, argumentada y pretendida calidad educativa. Los indicadores del rezago, deserción escolar y eficiencia terminal, al menos en nuestro país, México, dan cuenta de un panorama que acusa niveles de rendimiento académico deficientes como una de sus principales variables explicativas, lo que conduce a la reflexión final acerca de la necesidad imperante de la transformación en el liderazgo educativo de México y de manera específica en relación con sus políticas de administración, planeación, diseño, implementación e investigación en el ámbito educativo.

Dentro del entorno educativo y por parte de las personas que más directamente están implicadas en el poco claro supuesto de que la escuela no es el único agente que

ejerce influjos educativos sobre los alumnos. Es evidente la influencia que sobre éstos ejercen otros contextos y uno en especial: el familiar. Varios estudios realizados desde 1960 enfatizan en la influencia socio-familiar sobre el aprendizaje de los alumnos y su rendimiento académico (Diniz, Dias-Pocinho, & Silva-Almeida, 2011; Coleman, 1988). Existe una correlación significativa entre el rendimiento académico y el estatus socio-cultural de la familia; niveles de escolarización elevados –en particular en de las madres– generan grandes expectativas, asistencia y ayuda relacionada con el trabajo escolar del alumno (Davis-Kean, 2005). Este tipo de asistencia familiar podría compensar los problemas de aprendizaje y contribuir a superar las fallas del sistema educativo. Las investigaciones llevadas a cabo en varios países y en diferentes grupos étnicos confirman la importancia de los factores familiares al intentar explicar los procesos de aprendizaje de los estudiantes (Dumka, Gonzalez, Bonds, & Millsap, 2009).

Uno de los principales aportes teóricos respecto a los estudios de la familia y la educación establece un vínculo entre las decisiones parentales y los logros de los hijos y demuestran la influencia de los padres sobre los hijos a través del fomento en las capacidades y habilidades de estos, su inversión a nivel del capital humano y la distribución de los recursos familiares (Becker & Tomes, 1976). Esto implica que para el tiempo que un estudiante se incorpora a la Universidad, los antecedentes de los padres y el ambiente familiar van a influir en el éxito académico de los estudiantes en una gran variedad de factores (Arias & Dehon, 2013). En los estudios longitudinales más recientes, dos grandes grupos de factores parecen influenciar de manera consistente el desempeño académico en la universidad, independientemente del método utilizado: la familia y los factores socioeconómicos, así como el pasado y presente del desempeño académico.

El hecho de que haya alumnos que tienen dificultades para transitar con éxito por las exigencias del sistema escolar están implicados factores estrictamente individuales que pueden referirse a muy diferentes ámbitos, desde el cognitivo hasta el motivacional. Están también implicados factores estrictamente educativos, relacionados con los contenidos y exigencias escolares, con la manera de trabajar en el aula, con la forma de responder a las dificultades que algunos alumnos y alumnas pueden presentar. Están también implicados factores relacionados con los que podríamos denominar contraposición de culturas entre la familia y la escuela: aquellas familias cuya cultura, estilos de vida, de relación y de estimulación estén más alejados de la cultura escolar, van a ver como sus hijos pueden encontrar más dificultades en su tránsito por el sistema escolar.

Partimos, por tanto, de la convicción de que el fracaso escolar es una realidad multideterminada y que sólo a efectos de disección y análisis se puede compartimentar en diferentes fragmentos. Establecido lo anterior, no cabe duda de que el análisis del fracaso escolar no puede sustraerse a la consideración del papel que la familia y el medio social desempeñan en sus orígenes, en su mantenimiento o superación y en sus consecuencias. Una de las influencias ambientales más importantes para el desarrollo cognitivo es el nivel de educación de los padres y madres (Ardila et al., 2005). Los padres y madres con altos niveles de educación crean ambientes más estimulantes intelectualmente para sus hijos (Hoff, 2003). Se ha demostrado que padres y madres con educación a nivel profesional tienen diferentes maneras de interactuar con sus hijos, particularmente en el tipo de lenguaje que utilizan; las madres con nivel licenciatura hablan más, usan un vocabulario más diverso y leen más a sus hijos que aquellas madres que sólo tienen el nivel de escolaridad medio (Hoff-Ginsberg, 1991).

El bajo nivel educativo de los padres incide negativamente en el rendimiento escolar de sus hijos. Está relacionado con la pobreza, los hábitos de vida, los modelos de interacción familiar, entre otros (Armenta et al., 2008). Los padres de bajo nivel socioeconómico utilizan estrategias poco efectivas para enseñar a sus hijos, aunque valoren la educación y deseen que ellos tengan un buen rendimiento en la escuela. Interactúan escasamente con sus niños en actividades que tengan relación con estrategias de aprendizaje (Majluf, 1993).

En las últimas décadas, los estudios indican que la importancia de los antecedentes familiares es un predictor importante de los resultados educativos y en gran medida, el estatus socioeconómico de los estudiantes y sus familias se convierte en un factor importante de vulnerabilidad. Por otra parte, las familias con un estatus socioeconómico bajo a menudo brindan un ambiente familiar donde los padres, hermanos, amigos y compañeros están menos interesados en la educación en general, la educación universitaria y sus beneficios asociados. Los jóvenes provenientes de estas familias por lo general, no se integran a la educación superior debido a factores económicos y al poco interés de continuar con sus estudios. Los estudiantes con altos ingresos económicos familiares o con padres con altos grados de estudio fueron menos susceptibles o vulnerables a la deserción escolar respecto a aquellos estudiantes con pocos ingresos y un menor grado de educación familiar (Ishitani & DesJardins, 2002-2003; Ishitani & Snident, 2006). En cuanto al rendimiento académico, los estudiantes con menores puntajes generales de educación media superior fueron más susceptibles de desertar de la educación superior (Hu & John, 2001).

Desde la perspectiva del recorrido escolar y de la autonomía personal, se ha reportado que la educación familiar recibida por los alumnos con alto rendimiento

académico ha sido una educación de primera, es decir, igualmente exigente con hijos e hijas (una forma de discriminación sexual apuntada en los grupos de discusión, es exigir intelectualmente menos a la hija y tener hacia ella expectativas más bajas); respetuosa con la persona y exigente con su autonomía; abierta a la educación extraescolar y que les ha dotado de disciplina, hábitos, valores e instrumentos cognitivos valiosos para un recorrido escolar de fondo. Por ejemplo, destacan en afición a la lectura, dominio de idiomas, otorgar un lugar prioritario a las obligaciones escolares, dedicar tiempo al estudio y valorar altamente la autonomía y responsabilidad personal. Son alumnos que no han tenido profesores particulares ni han alternado estudio y trabajo. Han crecido en el seno de familias acomodadas que ha facilitado a los hijos el labrarse su propio camino desde referentes comunes y propios. Así, la educación familiar les ha dado tempranamente dirección y calidad humana, y por otra parte, muestra prioridades entre las que destacan la autonomía personal y la responsabilidad para con las tareas escolares y además, dan a los hijos el suficiente apego y apoyo afectivo como para permitirle desarrollar su propio universo personal, intelectual y social (Jiménez, 2000). El establecimiento de prioridades, la concentración de esfuerzos, las expectativas y los propios recursos desarrollados por el alumno, figuran entre los factores responsables del alto rendimiento (Jiménez, Murga, Gil, Téllez, & Trillo, 2010). Algunas otras variables que han sido investigadas en relación con el rendimiento académico para intentar entender estos resultados incluyen el estatus socioeconómico, la motivación para alcanzar metas, los atributos respecto a las metas alcanzadas, características de la personalidad, las expectativas de los padres y los maestros, los estilos de crianza y el apoyo entre pares para alcanzar el éxito académico.

1.3 *Educación y Funciones Ejecutivas*

Para poder sobrevivir y prosperar, a cada momento nuestro cerebro debe de integrar conscientemente la situación presente y del medio ambiente, incluyendo los planes para actuar o no hacerlo, todo esto tomando en cuenta la experiencia sensorial y a las asociaciones de la memoria. Debe emplear o revisar la distribución de los recursos atentos, planes de acción y estados fisiológicos de manera que se esté apto para atender a los desafíos del momento. Las investigaciones acerca de cómo el cerebro se desarrolla y aprende han tenido un profundo impacto sobre el ámbito educativo. En realidad, la comprensión de los mecanismos cerebrales que subyacen al aprendizaje y la memoria, sus variaciones con la edad, la genética y el medio ambiente, las emociones y la motivación sobre el aprendizaje, han transformado las estrategias educativas y nos han permitido diseñar programas educativos que optimicen el aprendizaje de las personas en todas las edades y de todas las necesidades. Las neurociencias pueden ofrecer el conocimiento de cómo el cerebro aprende y procesa nueva información a lo largo del ciclo de vida (Blakemore & Frith, 2005) y potenciar el vínculo entre las herramientas de las neurociencias y la práctica educativa es parte fundamental en esta investigación.

Las incursiones de las neurociencias en la educación son cada vez más necesarias, poco a poco tanto los maestros como las familias están aprendiendo acerca del cerebro y la conducta, por otra parte, los neurocientíficos están investigando en las escuelas; además se están creando políticas educativas en función de lo que se ha aprendido acerca del desarrollo cerebral, el aprendizaje, la plasticidad cerebral, y en términos generales, de las

bases biológicas de la conducta. Aunque estos son tan solo los primeros pasos, los conocimientos relacionados con el cerebro y la conducta deben tener una mayor presencia en las escuelas, de tal manera que, los investigadores en educación y los maestros jueguen un papel más importante guiando la investigación en las neurociencias del aprendizaje y el desarrollo.

Las neurociencias del desarrollo han contribuido a nuestra comprensión de los mecanismos básicos relacionados con el desarrollo cerebral y sus modificaciones relacionadas con la experiencia a lo largo de la infancia, así como los mecanismos neurales que subyacen al aprendizaje basado en la educación escolar y de cómo estos mecanismos pueden verse afectados. La concepción de que la educación cambia al cerebro es un hecho, el cerebro de un infante –y de un adulto- cambia cada vez que se aprende algo nuevo. De ahí que una mejor comprensión acerca de cómo el cerebro procesa y aprende formas y sonidos, letras y números, de los procesos que sustentan el mantenimiento y manipulación de información necesaria para llevar a cabo una tarea, de las diferencias individuales relacionadas con el aprendizaje, la motivación y la memoria, son profundamente relevantes en el ámbito educativo (Duckworth & Seligman, 2005).

Por otra parte, las evaluaciones de los maestros y el desempeño en la ejecución de pruebas son por si mismos aproximaciones diferentes a la medición del desempeño académico del estudiante. Los maestros basan sus calificaciones en numerosas observaciones hacia los estudiantes dependiendo del conocimiento presentado a lo largo del ciclo escolar, y esto apoyado en diferentes métodos de evaluación como los exámenes, ensayos, discusión en clase y tareas en casa, mientras que las pruebas estandarizadas representan pequeñas medidas que están menos relacionadas con el contenido del curso

escolar y carecen de validez ecológica, y se aplican en medios ambientes ajenos al contexto escolar.

A este respecto, observaciones recientes sugieren que el control cognitivo ha resultado ser un buen predictor del grado académico alcanzado, más allá del desempeño en la ejecución pruebas de rendimiento académico (Hofer, Kuhnle, Kilian, & Fries, 2012). Existe suficiente evidencia que las FE juegan un papel muy importante en el aprendizaje, por ejemplo, en el impacto de la memoria de trabajo sobre el desempeño académico esta ampliamente reportado en niños (Gathercole, Brown, & Pickering, 2003), los procesos de inhibición han sido relacionados con la lectura (Gernsbacher, 1993), la comprensión (Dempster & Corkhill, 1999), el vocabulario (Dempster & Cooney, 1982) y las matemáticas (Espy et al., 2004). De hecho, la inhibición de respuestas esta significativamente asociada con el éxito en cada una de las área curriculares evaluadas, indicando que los procesos de inhibición sustentan el rendimiento académico más que la adquisición de habilidades y conocimientos en dominios específicos (Dempster & Corkhill, 1999).

Las teorías de desarrollo sobresaltan la importancia del monitoreo de la conducta durante la transición de ejecutar una respuesta automática al control voluntario de la conducta (Bandura, 1997), y establecen que es necesario cierto equilibrio entre el desempeño durante la realización de una tarea con las demandas externas a la conducta. De tal manera que se ha sugerido que la actividad neural disminuida observada durante la ejecución de respuestas, por ejemplo, puede ser un indicador de riesgo académico y social debido a la poca flexibilidad mental durante el ajuste de la conducta (Hall, Bernat, & Patrick, 2007). De hecho se ha encontrado un vínculo entre la actividad

electroencefalográfica, en específico de los potenciales relacionados a eventos, con el éxito académico en jóvenes adultos, observándose que los estudiantes con menores amplitudes en los presentaron un peor desempeño académico (Hirsh & Inzlicht, 2010; McDermott, Westerlund, Zeanah, Nelson, & Fox, 2012), y se han reportado patrones de respuestas empobrecidos en los potenciales relacionados a eventos en niños con déficit de atención e hiperactividad (Groen et al., 2008).

Estudios recientes asociados a la regulación de la conducta, pensamiento y respuestas emocionales que promueven las conductas dirigidas a metas, y que en su conjunto se conocen como funciones ejecutivas (a veces referidas como regulación conductual o control cognitivo) han sido de gran relevancia actualmente en el ámbito educativo. En un estudio longitudinal relativamente reciente, en el cual se dio seguimiento a 1000 individuos desde el nacimiento hasta la edad de 32 años, se destaca la importancia del auto control, o la inhibición de respuestas, durante la infancia como un predictor de salud de por vida, bienestar y salud pública (Moffitt et al., 2011). De particular importancia en ese estudio, es que aquellos padres y maestros que califican a los niños como buenos en el control o inhibición de sus conductas, son también los que no desertaron de la escuela. De tal manera que están creciendo las investigaciones que demuestran que la funcionalidad de los lóbulos frontales y de las funciones ejecutivas se correlacionan y predicen el éxito académico (Blair & Diamond, 2008; Duckworth & Seligman, 2005).

Los elementos cognitivos y académicos de las FE son los que tienen un mayor impacto sobre la comprensión de la información y con la planeación, inicio y término de las conductas. Son estas capacidades las que le permiten al alumno atender de manera eficiente los contenidos importantes (incluso si es aburrido), seleccionar y manipular las estrategias

necesarias para entender y recordar, identificar los objetivos del aprendizaje, planificar y organizar su trabajo antes de empezar, estimar la calidad de su progreso mientras trabaja (al comparar los objetivos y metas realizados antes de empezar), revisar si se está haciendo lo necesario, cambiar fluidamente durante y entre tareas, y manejar el tiempo disponible para terminar y alcanzar las metas. De tal manera, que estas capacidades cognitivas le permiten al estudiante una regulación útil de la regulación y dirección del aprendizaje (Kaufman, 2010).

Se entiende por FE a los procesos neurocognitivos premeditados que están relacionados con la regulación del pensamiento, la acción y las emociones –procesos tales como la flexibilidad mental, control de la inhibición y memoria de trabajo (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howerter, 2000). Las diferencias individuales en estas funciones ejecutivas en la infancia han sido un buen predictor de las consecuencias y resultados del desarrollo personal y académico, incluyendo las habilidades aritméticas y de lectura en preescolar y educación básica (Blair & Razza, 2007) hasta la vulnerabilidad relacionada con las conductas de riesgo en adolescentes y adultos. Las funciones ejecutivas son en tema de estudio desafiante en el sentido de la dificultad para definir las y evaluarlas. De acuerdo con nuestro punto de vista, las funciones ejecutivas son aquellas capacidades necesarias para mantener activamente las metas de una tarea y la información relacionada con ésta, para así poder utilizar la información de manera eficiente mediante el procesamiento sensorial. De tal manera que la evaluación cognitiva de las funciones ejecutivas puede predecir las diferencias individuales en un contexto clínico y social (Miyake & Friedman, 2012).

En efecto, las FE son los mejores indicadores y predictores del éxito social y escolar, mas allá de las medidas de inteligencia y demás puntajes obtenidos en pruebas neuropsicológicas y cuestionarios, y los académicos a menudo reportan que es más importante para el éxito escolar, y en educación básica principalmente, que los alumnos puedan estar sentados, prestar atención y seguir reglas (McClelland y cols., 2007). Los estudiantes con deficits en la funcionalidad de los lóbulos frontales y por ende, en las funciones ejecutivas, están en desventaja en los contextos educacionales por varias razones, incluyendo la baja atención, poca regulación emocional, impulsividad y en general, un incremento de trastornos del comportamiento, por consiguiente, las expectativas de los maestros acerca del éxito de lo alumnos se ven disminuidas. Desde una perspectiva cognitiva, se ha sugerido que los alumnos con un funcionamiento ejecutivo óptimo tienen un acercamiento al aprendizaje más reflexivo y auto-dirigido que les permite una búsqueda de la información proactiva y dirigida a metas, en vez del aprendizaje pasivo y mecánico tradicional (Marcovich, Jacques, Boseovski, & Zelazo, 2008).

Como hemos revisado anteriormente, son numerosos los estudios que han intentado encontrar los factores individuales relevantes o determinantes para el éxito académico. Recientemente, el constructo o término de auto-control y las FE, principalmente el de inhibición, han venido a aportar datos relacionados con el rendimiento académico. El auto-control se define como la capacidad de regular la conducta en la presencia de impulsos inmediatos (Baumeister & Heatherton, 1996). La medida del auto control pudiera ser un prerrequisito para que los estudiantes puedan manejar las situaciones donde el estudio compite con otras opciones de actividades (Hofer, Kuhnle, Kilian, & Fries, 2012). Los componentes básicos de las funciones ejecutivas incluyen el control inhibitorio, la retención

y manipulación de la información mediante la memoria de trabajo y la habilidad de cambiar de respuestas a medida que cambian las reglas. Son precisamente estas habilidades cognitivas el centro fundamental de los resultados educativos (Razza, Martin, & Brooks-Gunn, 2010). De tal manera que, el funcionamiento ejecutivo conlleva una amplia gama de factores cognitivos esenciales para alcanzar una meta u objetivo determinado.

Recientemente, la investigación educativa ha centrado su atención en la capacidad de autocontrol emocional y conductual. El poder predictivo del control cognitivo – definiéndose como la capacidad alcanzar objetivos a largo plazo cuando los objetivos a corto plazo son más atractivos- de los estudiantes sobre las habilidades cognitivas han sido investigados en estudios anteriores. Los valores del control cognitivo se han correlacionado con el grado escolar en niños entre 6-17 años (McDermott, Mordell, & Stoltzfus, 2001) y en estudiantes de nivel medio (Bratko, Chamorro-Premuzic, & Saks, 2006; Colom et al., 2007). En estudiantes de educación media superior el control cognitivo explicó gran parte de la varianza del puntaje promedio del grado evaluado y los estudios longitudinales, especialmente aquellos que incluyen medidas de inteligencia, son escasos. En un estudio en Alemania con estudiantes de octavo y noveno grado, la medida de control de la atención como indicador del control cognitivo se correlacionó con la variabilidad en el rendimiento académico de los alumnos (Spörer, Brunstein, & Glaser, 2006).

Las pruebas estandarizadas a menudo son utilizadas para evaluar el éxito académico a lo largo de la vida escolar. Las políticas públicas han ejercido presión sobre las escuelas para que brinden al estudiante las competencias básicas en el ámbito escolar tradicional (ej., matemáticas, lectura, escritura, etc). Tales competencias son monitoreadas a través de pruebas estandarizadas que determinan la efectividad del programa educativo y la

ubicación académica del estudiante. Por lo tanto, la cuantificación y predicción del éxito académico resulta atractivo por muchas razones. Las investigaciones enfocadas en la educación por mucho tiempo se han interesado por los procesos cognitivos que subyacen al desempeño académico y muchos componentes de dichos procesos han demostrado tener una relación considerable con el rendimiento académico, incluyendo las habilidades cognitivas (Rohde & Thompson, 2007), inteligencia y velocidad de procesamiento (Jensen, 1998), así como varios aspectos de las funciones ejecutivas (Bull, Espy, & Wiebe, 2008).

Las personas difieren enormemente en cuanto a sus habilidades para regular sus pensamientos y acciones. ¿Por qué se observan estas diferencias individuales en la capacidad de controlar los impulsos y necesidades? ¿Cuáles son las bases cognitivas y biológicas de tales diferencias? Durante las últimas décadas, se ha observado un creciente desarrollo en el ámbito del conocimiento de las diferencias individuales en las habilidades mentales, mediante el uso y aplicación de los modelos de procesamiento cognitivo. Esta línea de investigación explora los vínculos entre los puntajes psicometricos de la inteligencia con los procesos cognitivos básicos dentro del contexto del procesamiento de la información (De Pascalis, Varriale, & Matteoli, 2008).

Específicamente, la inhibición y la memoria de trabajo se han relacionado con las habilidades matemáticas y de lectura, mientras que existe falta de consenso referente al papel de la flexibilidad mental en el desempeño escolar. Se han identificado dos factores del control ejecutivo con relación al rendimiento académico, uno asociado con la actualización de los contenidos en la memoria de trabajo y otro asociado con la inhibición de la información irrelevante. Tales resultados sugieren que el control ejecutivo de la memoria de trabajo y la inhibición están relacionadas con el aprendizaje en el ambiente

escolar y estos resultados son congruentes con otros reportes del control ejecutivo y el rendimiento académico (Passolunghi & Siegel, 2001).

Varios estudios investigan la relevancia de la memoria de trabajo como un predictor del rendimiento académico, sin embargo, los resultados no son fácilmente comparables debido a la discrepancia respecto a las definiciones operacionales de la memoria de trabajo (D'Amico & Guamera, 2005; Krumm, Ziegler, & Bühner, 2008). Estos trabajos contribuyen a nuestra comprensión general de como la memoria de trabajo (y otras variables neurocognitivas) podrían contribuir con el rendimiento académico (Krumm, Lipnevich, Schmith-Atzert, & Bühner, 2012). Por otra parte, la atención selectiva y su relación con el rendimiento académico es otra de las áreas crecientes de investigación, en la medida que la atención resulta ser un punto de importancia para suprimir los estímulos distractores como para amplificar la señal de interés. Estos aspectos de la atención selectiva pueden operar de manera independiente, y cada uno mantiene una relación con las habilidades académicas (Stevens & Bavelier, 2012). Estas interpretaciones están relacionadas con la hipótesis de la inhibición en la inteligencia propuesta por Dempster que ha subrayado que la inteligencia no puede ser entendida si no tomamos en cuenta los procesos inhibitorios y hace énfasis en la responsabilidad de los lóbulos frontales como sustrato anatómico de los mecanismos inhibitorios (Dempster, 1991).

Hasta la fecha, estas relaciones tan interesantes entre el rendimiento académico y las funciones ejecutivas han sido exploradas a través del desempeño en la ejecución de pruebas estandarizadas o con la observación en clase de los alumnos, son muy pocos los que han utilizado las mediciones electrofisiológicas o de imagenología cerebral a este respecto (Hillman y cols., 2012). El estudio de los sistemas electrofisiológicos proveen de medidas

más directas mediante las cuales podemos examinar las funciones cognitivas que suceden durante el procesamiento de estímulos y la ejecución de respuestas. En particular, una variación del electroencefalograma, conocido como potenciales relacionados a eventos, provee de mediciones directas de la temporalidad del procesamiento cognitivo y que en consecuencia nos permitirían estudiar procesos neurales que constituyen variables en el rendimiento académico.

1.4 Lóbulos Frontales y las Funciones Ejecutivas

Los humanos y otros animales podemos reaccionar ante la información sensorial inmediata y novedosa de manera reflexiva, es decir, a menudo ejecutamos conductas complejas para alcanzar metas. Para poder hacer eso, han evolucionado mecanismos que pueden anular o aumentar respuestas impulsivas o habituales para poder organizar conductas de acuerdo a nuestros deseos e intenciones. Estas conductas dirigidas a una meta necesitan que se realicen predicciones acerca de los eventos, estados internos y acciones necesarias para alcanzar dichos objetivos, sin embargo para poder llevar a cabo esto, es necesario que se generen asociaciones entre las representaciones internas. Para llevar a cabo esto, las neuronas de los lóbulos frontales, en específico de la corteza prefrontal, son

las que presentan esta particular peculiaridad, ya que participan en el aprendizaje asociativo, las conductas voluntarias, la recompensa y la regulación de la conducta y las emociones.

En resumen, ¿cómo hace el cerebro para controlar y orquestar la actividad de millones de neuronas para hacer posible la ejecución de un comportamiento que es premeditado y coordinado y se extiende en el tiempo? ¿Qué controla nuestros pensamientos? ¿Cómo se decide el foco de atención? ¿Cómo planificamos y ejecutamos una orden? ¿Cómo es que conseguimos objetivos a largo plazo, como la obtención de un título universitario, frente a las muchas distracciones? A esta capacidad se le ha llamado control ejecutivo, es decir, a la capacidad de nuestros pensamientos y acciones para superar las distracciones simples del medio ambiente inmediato y tomar la iniciativa, anticiparse posibles situaciones futuras y coordinar el pensamiento y la acción directa para ellos, siendo un sello distintivo de la conducta inteligente (Anderson, 1992).

Los lóbulos frontales (LF) son las estructuras cerebrales de más reciente desarrollo y evolución en el cerebro humano. Su desarrollo en los primates se relaciona con la necesidad de un control y coordinación más complejo de los procesos cognitivos y conductuales que emergieron a través de la filogénesis de estas especies. Desde un punto de vista neuropsicológico los lóbulos frontales representan un sistema de planeación, regulación y control de los procesos psicológicos (Luria, 1966) tales como: el permitir al sujeto la coordinación y selección de múltiples procesos y de las diversas opciones de conducta y estrategias con las que cuenta, así como organizar las conductas basadas en motivaciones e intereses hacia la obtención de metas que sólo se pueden conseguir por medio de procedimientos o reglas (Miller, 2007).

Los LF también participan de forma decisiva en la formación de intenciones y programas, así como en la regulación y verificación de las formas más complejas de la conducta humana. Debido a esta capacidad de regular, planear y supervisar los procesos psicológicos más complejos del humano, se ha considerado como metáfora que los lóbulos frontales representan el “centro ejecutivo del cerebro” (Goldberg, 2002). El daño o la afectación funcional de los lóbulos frontales tienen consecuencias muy heterogéneas e importantes en las conductas más complejas del humano, desde alteraciones en la regulación de las emociones y la conducta social, hasta alteraciones en el pensamiento abstracto y la metacognición.

Para poder entender la relación entre FE y el rendimiento académico, y en específico con la función ejecutiva de inhibición de respuestas, es importante discutir las definiciones y modelos de las funciones ejecutivas provistas por los investigadores y teóricos más influyentes en esta área. Los análisis sobre las FE realizados han llevado a la propuesta de modelos que plantean su estatus como algo unitario, divergente, así como estados intermedios entre ambos. Al final del otro espectro, se encuentra el modelo que propone que las FE son un constructo funcional, pero que se aleja de la metáfora de los lóbulos frontales, en donde todos los tipos de tareas ejecutivas son vistas como el reflejo de la funcionalidad de una sola región cerebral (Pennington & Ozonoff, 1996). ¿Y acaso este debate y confusión en las definiciones de FE hacen alguna diferencia en la práctica educativa? Efectivamente. Uno de los escollos más importantes en el ámbito de las prácticas educativas en el aula involucra tomar decisiones relacionadas con el apoyo a estudiantes con déficits o problemas de regulación conductual y emocional, planificación

de tareas, alcanzar las metas y objetivos, entre otros, y cuyos perfiles varían dramáticamente.

Entonces, las FE son un conjunto de procesos cognitivos involucrados en el control de la conducta y en la preparación de la persona para situaciones particulares. Se entiende como un conjunto de habilidades implicadas en la generación, la supervisión, la regulación, la ejecución y el reajuste de conductas adecuadas para alcanzar objetivos complejos, especialmente aquellos que requieren un abordaje novedoso y creativo (Bechara, 2010). Ya que en la vida diaria la mayoría de las situaciones que afrontamos son diferentes entre sí y además, tienden a evolucionar y complejizarse conforme nos desarrollamos como adultos con nuevos intereses y responsabilidades, los mecanismos ejecutivos se ponen en marcha en una amplísima variedad de situaciones y estadios vitales y su competencia es crucial para un funcionamiento óptimo y socialmente adaptado, de ahí que sean imprescindibles para lograr autonomía y hacer posible que una persona lleve a cabo conductas independientes y exitosamente decididas (Lezak, 2004).

Los LF son áreas cerebrales críticas para el desarrollo debido a las grandes conexiones que mantienen con otras regiones cerebrales y a su papel fundamental en las funciones ejecutivas. Estas estructuras se desarrollan rápidamente a lo largo de la niñez y la adolescencia, y este desarrollo es paralelo al incremento en las habilidades ejecutivas tales como la planeación, razonamiento y flexibilidad. Las investigaciones recientes sugieren que lesiones en los lóbulos frontales durante la niñez pueden interrumpir el desarrollo normal, dando origen a cambios irreversibles en la estructura y organización así como a trastornos de la conducta. Históricamente, los lóbulos frontales han estado íntimamente ligados a la ejecución de las habilidades o funciones ejecutivas. Estas funciones ejecutivas pueden ser

conceptualizadas como el sistema procesador de información ejecutivo central, el cual dirige la atención, monitorea la actividad y coordina e integra la información y la actividad. Existen, por lo tanto, tres grandes componentes operacionales: 1) el control de la atención, el cual incluye la atención selectiva, la atención sostenida y la inhibición de respuestas; 2) la configuración de objetivos, que serían las conductas de inicio, planeación, resolución de problemas y de estrategias; 3) la flexibilidad cognitiva, aquí la memoria de trabajo, cambio de atención, auto-monitoreo, cambios conceptuales y el auto-control serían las principales conductas. Por lo tanto los trastornos disejecutivos pueden reflejar una pobre capacidad de planificación y organización, dificultades para generar e implementar estrategias para resolver problemas, perseveración de respuestas, e incapacidad para corregir errores en las respuestas mediante la retroalimentación (Anderson, 1992).

Los estudios recientes acerca de los lóbulos frontales y su relación con FE han llevado a una renovación teórica sobre los constructos así como un cambio en las aproximaciones experimentales. Como un preámbulo a nuestra discusión, se define a las FE como “aquellas habilidades que le permiten a una persona establecer exitosamente conductas independientes, propositivas y auto-dirigidas” (Lezak, 1995), e identifica específicamente la iniciación, la planificación, la acción propositiva, el automonitoreo, la autorregulación y la inhibición de respuestas. De tal manera que, constituyen la base de las actividades sociales, constructivas, creativas y de auto-realización. Por ello su deterioro compromete la capacidad de la persona para mantenerse independiente y socialmente productivo, las deficiencias en estas conductas se han observado comúnmente después de las lesiones y los términos de “trastorno ejecutivo” y “trastorno de los lóbulos frontales” a menudo se utilizan indistintamente. Existen problemas con tales usos en la terminología.

Primero, los lóbulos frontales son muy grandes (se estima que el 25-33% de toda la corteza) con cerca de 15 áreas de Brodmann, cada una con una especificidad cito-arquitectónica y con conectividad con regiones no frontales (Petrides & Pandya, 1994). Segundo, gran parte de la literatura sobre correlaciones anatómicas/funcionales proviene de estudios clínico patológicos de pacientes con trastornos cognitivos significativos o con lesiones poco localizadas y a menudo fuera de los lóbulos frontales. Tercero, muchas patologías producen trastornos ejecutivos con poca o nula lesión frontal demostrable –trauma difuso, esclerosis múltiple, eventos vasculares y esquizofrenia, entre otras (Stuss, 2011).

Diversas líneas de investigación han abordado dicho debate. Utilizando experimentos bien controlados, mediante el uso de modelos animales, se ha trabajado en el desarrollo neural normal así como con estudios de lesión, demostrando que al menos algunos componentes específicos de las FE pueden ser localizados en estas regiones. A pesar de la evidencia que apoya el papel clave de los lóbulos frontales, y la corteza prefrontal en particular, en las FE, cada una de estas investigaciones a su vez documentan consistentemente el argumento de que las funciones ejecutivas y los lóbulos frontales no son sinónimos. Más bien, mientras que la corteza prefrontal juega un papel crítico en las FE, resulta de general aceptación que esta región no trabaja de manera aislada, sino que forma parte de un sistema funcional que involucra a diversas áreas cerebrales (Stuss, 2011).

Uno de los conceptos más interesantes relacionados con la resolución de problemas es el concepto de funciones ejecutivas introducido por Luria en 1966 y retomado por la neuropsicología más reciente como central en el análisis de los procesos de resolución de problemas. Se suele utilizar la metáfora de que las FE trabajan como un ejecutivo, como un manager y como un distribuidor: como un ejecutivo porque establecen y anticipan los

objetivos, diseñan estrategias y las tácticas necesarias que deben seguirse para conseguir los objetivos y tiene una conceptualización e imagen general del espacio del problema o de la tarea a realizar. Como un manager porque es quien valora los medios –fines en función de los resultados que se persiguen y busca las mejores vías para ejecutar la acción, es quien encuentra los eslabones de los distintos sistemas funcionales cerebrales que mejor podrían realizar el plan diseñado. Finalmente como un distribuidor, porque es quien distribuye las tareas a las redes cerebrales implicadas en la resolución de la tarea (Mesulam, 2002).

Si bien el razonamiento abstracto, la habilidad para solucionar problemas y la capacidad de flexibilidad cognitiva constituyen los procesos cognitivos más complejos, otras funciones como la atención, la fluidez verbal fonética y el pensamiento abstracto verbal también forman parte de las denominadas funciones cognitivas frontales. La combinación de técnicas, a últimas fechas, ha permitido tener adelantos significativos en el conocimiento de la funcionalidad de los lóbulos frontales, tal es el caso del registro electroencefalográfico, de imagenología cerebral o de determinación de niveles de neurotransmisores durante la ejecución de pruebas neuropsicológicas.

Los lóbulos frontales son las estructuras más anteriores de la corteza cerebral, se encuentran situados por delante de la cisura central y por encima de la cisura lateral. Además de las proyecciones primarias mencionadas con anterioridad, mantienen conexiones con áreas corticales, subcorticales y tallo cerebral y deberían concebirse como un sólo aspecto del sistema ejecutivo involucrado con muchas estructuras del sistema nervioso central. La base de las llamadas funciones cognitivas de alto orden como la inhibición, la flexibilidad mental, la planificación, la resolución de problemas, el control de impulsos y la creatividad a menudo tienen su origen como formas más simples de la

cognición y la conducta (Alvarez & Emory, 2006). En particular, los eventos inesperados requieren que cancelemos la intención de ejecutar ciertas conductas y sin esta capacidad de inhibición y actualización de las conductas motoras, muchos de los aspectos cotidianos de la vida diaria se volverían imposibles de llevar a cabo, como el manejar un auto o establecer interacciones sociales. Es de común aceptación que los lóbulos frontales son necesarios cuando las tareas son complejas, tienen demandas novedosas o que requieren considerable atención (Norman & Shallice, 1986). Esta complejidad inherente, novedosa o el esfuerzo requerido para llevar a cabo la tarea significan que diferentes procesos se tienen que llevar a cabo en regiones frontales y no frontales.

La mayoría de las discusiones acerca de los déficits en las FE comienzan y terminan con los lóbulos frontales, en particular con la corteza prefrontal (CPF), es aquí donde las redes neurales responsables del conocimiento de cómo hacer las cosas están localizadas. Acciones, habilidades y planes son actividades altamente estereotipadas y se requieren de los sistemas frontales funcionales para generar tales patrones (Stuss & Knight, 2002). Es probablemente el área cerebral mejor inter-conectada, envía y recibe proyecciones desde estructuras subcorticales como la amígdala, hipotálamo, ganglios basales, cerebelo, entre otras. Se ha propuesto que tiene la capacidad de formar un mapa de todas las demás regiones corticales y de ahí su habilidad para representar una identidad o un “yo”, hacen que nosotros seamos lo somos y que nos hacen humanos (Goldberg, 2002).

La CPF es la región cortical más anterior de los lóbulos frontales; se caracteriza en los primates por poseer una prominente capa celular IV, también llamada capa granular, por tener extensas conexiones recíprocas con el núcleo medio dorsal del tálamo (Rose & Woosley, 1948). Aunque la CPF participa en múltiples procesos cognoscitivos,

emocionales y motivacionales, se ha propuesto que su función principal y general es la organización temporal de las acciones hacia metas biológicas y cognoscitivas (Fuster, 2001; Luria, 1966). Lo anterior es posible gracias a sus densas conexiones con otras áreas corticales principalmente de asociación y subcorticales (Goldberg, 2002), lo que le permite estar ampliamente informada de lo que pasa en el exterior e interior del sujeto, tanto en el presente como en el pasado. La CPF recibe información altamente detallada del mundo exterior de las áreas sensoriales primarias y secundarias (Groenewegen & Uylings, 2000). De igual forma, recibe información de la memoria a través del hipocampo y las áreas temporales y del estado motivacional del sujeto a través de sus conexiones con la amígdala y el hipotálamo.

Las conexiones del núcleo talámico medio dorsal con las áreas corticales frontales han servido de criterio para identificar y definir a la CPF en una amplia variedad de especies (Fuster, 1997, 2001, 2002), es la corteza de asociación de los lóbulos frontales y está conectada con el tallo cerebral, tálamo, ganglios basales y con el sistema límbico y gran parte de esta conectividad con las estructuras subcorticales es recíproca. De manera agregada, las conexiones aferentes desde el tallo cerebral, el diencéfalo y el sistema límbico convergen hacia la CPF con información del medio interno, los niveles motivacionales para el animal, así como los aspectos viscerales de las emociones (LeDoux, 1998). Además la influencia de la CPF sobre la atención y su papel en el procesamiento selectivo de la información, es inseparable de su función en la organización de las acciones dirigidas a una meta (Damasio, 1995).

Aunque no ejecuta movimientos de forma directa, la CPF es capaz de controlar, regular e iniciar la conducta a través de sus proyecciones con la corteza motora, motora

suplementaria, caudado, putamen y colículos superiores. Además, puede regular la conducta emocional y las funciones autónomas y endócrinas por medio de sus proyecciones hacia la amígdala y el hipotálamo y puede incidir en la atención con sus proyecciones retrógradas hacia las áreas sensoriales. En resumen, dada su posición privilegiada en el cerebro anterior y sus extensas conexiones con otras áreas corticales y subcorticales, la CPF participa en el procesamiento de todas las modalidades sensoriales y juega un papel primordial tanto en las conductas dirigidas a una meta (Kolb, 1990).

La corteza prefrontal es considerada la corteza motora de orden superior, en la que se sustentan las funciones cognoscitivas superiores que coordinan la ejecución de las más elaboradas y novedosas acciones del organismo, entre las que destacan la toma de decisiones, el pensamiento social, la conciencia, la regulación de las emociones y la memoria. Las áreas prefrontales corticales constituyen la etapa final en la jerarquía del procesamiento cerebral, y sus redes neurales representan esquemas de las secuencias de acción, pasadas o planeadas, de tal manera que la promulgación de acciones con una secuencia temporal dirigida a una meta es un proceso continuo de integración temporal. En la raíz de este proceso está la mediación de contingencias temporales entre la ejecución de un plan, la meta y las acciones necesarias para alcanzarla, siendo necesario el control de al menos cuatro operaciones cognitivas que regulan estas contingencias: la atención selectiva, memoria de trabajo, conjunto preliminar y monitoreo. Se dividen en tres grandes regiones: la región orbital, medial y dorsolateral, estando cada una de ellas subdividida en diversas áreas (Fuster, 2002).

Durante años se ha pensado que esta región cerebral no era plenamente funcional hasta la edad adulta. A mediados de la década de los setenta, Luria, en su obra “El cerebro

en acción”, estima que la CPF no adquiere la madurez necesaria para regular los estados de actividad hasta los 4 años de edad. Golden va más allá proponiendo que esta región cerebral no es funcional antes de los 12 años. Esta concepción se ha abandonado progresivamente, Diamond y Zelazo, entre otros autores, han demostrado que en los primeros años de vida la CPF no es funcionalmente silente (Goldberg, 2002). Es una estructura cerebral crítica en los procesos motivacionales, emocionales y en el funcionamiento cognitivo superior. La orientación automática hacia los eventos sobresalientes, independientemente de su relevancia en el desempeño de una tarea dada y la tendencia a repetir la misma respuesta incluso cuando ya se ha ejecutado de manera insatisfactoria, son características de la funcionalidad de la corteza prefrontal (Mesulam, 2002).

Las funciones primarias de la CPF están en los dominios “cognitivos”, donde los procesos motivo-emocionales se le atribuyen a la subregión medial orbitofrontal, y los procesos cognitivos superiores se le atribuyen a la subregión dorsolateral, filogenéticamente más reciente. La CPF orbitofrontal, por ejemplo, modula los aspectos motivacionales incluyendo las reacciones emocionales y la conducta social. Estudios neuropsicológicos indican que es sensible a las propiedades predictivas-recompensantes de los estímulos; está implicada también en desórdenes afectivos relacionados con el miedo, así como en la depresión. Por otra parte, la región dorsolateral de la CPF, es crítica en la memoria de trabajo, en la retención a corto plazo y en el uso de información para guiar una conducta; está vinculada con patologías como la esquizofrenia y trastornos atentos (Fuster, 2008).

Las lesiones en la CPF parecen alterar las conductas sexuales y el comportamiento social de diferentes mamíferos (Flores & Ostrosky-Solis, 2008). Muchas de las conductas

sexuales y sociales requieren de una secuencia temporal y espacial bien organizada, además, estas lesiones alteran el componente afectivo o emocional del procesamiento de los estímulos ambientales, ya que recibe importantes aferencias desde la amígdala y los sistemas dopaminérgicos mesolímbicos (Damasio, 1995). Especialmente relevantes para las funciones integradoras de la conducta en la CPF son sus conexiones aferentes desde la amígdala y el hipotálamo. La amígdala proyecta ventral y medialmente hacia la CPF, al igual que el hipotálamo. Estas conexiones probablemente juegan un papel importante en la representación y promoción de las conductas emocionales (LeDoux, 1998). La CPF está conectada con otras áreas de asociación corticales, pero no con la corteza sensorial o motora primaria (Fuster, 2001).

Son numerosas las investigaciones que concuerdan en aseverar que la función de la CPF está ampliamente relacionada con las funciones ejecutivas. Existe, sin embargo, una controversia teórica relacionada con la funcionalidad de las subregiones de la CPF.

Pareciera ser que la CPF dirige sus recursos dependiendo de la respuesta que se requiera y que integre los eventos a lo largo del tiempo. Los estudios de meta-análisis de neuroimagen sugieren la localización de la función de las redes neurales en las regiones de la CPF. En estos, parece ser que independientemente de las tareas, se observa una regularidad en la activación bilateral de la CPF dorsolateral, corteza frontal inferior y corteza anterior del cíngulo. Esto refleja el alto grado de especialización de la CPF: una red neural frontal que participa consistentemente en la solución de un diverso número de problemas cognitivos (Aron, Robbins, & Poldrack, 2004).

En los seres humanos la CPF ha sido subdividida anatómicamente en tres regiones principales (Fuster, 2001): orbitofrontal, medial y dorsolateral. Estas áreas forman parte de

tres circuitos que se han denominado de acuerdo al área prefrontal de donde surgen. De estos circuitos, el dorso-lateral, está implicado en las funciones ejecutivas y la memoria de trabajo (Cummings, 1993), mientras que el circuito orbito-frontal es el más comprometido con las emociones y la conducta social. Este último se divide a su vez en la región medial, implicada en el procesamiento apetitivo y en el control del estado interno del organismo, y la región lateral, involucrada en realizar las asociaciones entre los objetos y sus emociones, en la conducta empática y socialmente aceptable. Por último, un circuito que nace en la corteza del cíngulo anterior que interviene en el monitoreo de las conductas, en la corrección de errores y la motivación (Mega & Cummings, 2001).

Tanto la experiencia clínica como los estudios realizados con animales han demostrado que uno de los sustratos neurales del control inhibitorio reside en las áreas orbitales de la CPF. El efecto inhibitorio de la CPF orbitomedial tiene la función de suprimir las entradas internas y externas que pueden interferir en la conducta, en el habla o en la cognición. Es decir, eliminar el efecto de los estímulos irrelevantes permitiendo dirigir la atención hacia la acción. Estos estímulos irrelevantes serían: los impulsos y conductas instintivas. Los pacientes con lesiones orbitomediales presentan irritabilidad, hiperactividad, impulsividad, en definitiva, conductas que implican una pérdida de control inhibitorio. Anatómicamente, esto podría traducirse en una alteración de las proyecciones de esta zona frontal sobre estructuras subcorticales, especialmente al hipotálamo. Interferencias procedentes de los sistemas sensoriales que no se relacionan con la acción a desarrollar. Se trataría de los estímulos que llegan a la CPF, procedentes de las áreas sensoriales de la posterior, y que en el curso de una acción dirigida a un fin son inhibidos desde zonas orbitales. En este sentido, ejerce un control sobre la atención sensorial, y las

lesiones orbitofrontales se traducen en una distractibilidad anormal y en una reactividad excesiva ante los estímulos sensoriales (Bechara, 2010).

Un gran número de evidencias relacionan a la CPF orbital y a la amígdala basolateral en vista de sus prominentes interconexiones, con el control en la toma de decisiones basadas en los resultados o expectativas de la acción realizada. Una de las ideas más aceptadas en lo relacionado con la organización funcional de la CPF es que la recompensa y la información emocional es procesada en gran medida por la CPF orbital. Sus interconexiones con estructuras del sistema límbico, sensoriales y motoras hacen posible su participación en funciones cognitivas como la atención, memoria de trabajo y selección de respuestas (Wallis & Miller, 2003). La focalización de la atención requiere del efecto inhibitorio permanente de la corteza orbital y es imprescindible para cualquier actuación voluntaria dirigida a un fin. Otro grupo de interferencias lo constituyen las representaciones motoras de las acciones que no se relacionan o que no son compatibles con la meta actual. Estas representaciones son los hábitos o programas motores aprendidos y permanentes en la memoria a largo plazo. El control inhibitorio de la CPF orbital probablemente no se reduce al contexto social, sino al emocional. En este sentido resulta de especial interés la hipótesis de Damasio, quien propone que los cambios conductuales secundarios a lesiones orbitales reflejan una imposibilidad de implicar el procesamiento emocional en la respuesta a situaciones o tareas complejas (Damasio, 1995; Jódar, 2004).

La CPF orbitofrontal se ha asociado con las funciones cognitivas empleadas en el manejo del conocimiento social, mientras que la CPF dorsolateral, como área asociativa plurimodal, proporcionaría una plantilla neural para las asociaciones intermodales requeridas por los procesos cognitivos. Pese a que desde el punto de vista teórico-didáctico

la CPF dorsolateral y orbitofrontal se describen como sistemas funcionales independientes, no debemos olvidar que ambas regiones forman parte de un único sistema que, en condiciones normales, trabaja de forma coordinada (Stuss, 2011).

Recientemente, se ha propuesto que una subregión de la CPF dorsal, la dorsolateral-medial, constituye una región especializada en el monitoreo dentro de la memoria de trabajo, ordenando y clasificando respuestas internas y externas al organismo (Grafman, Holyoak, & Boller, 1995); además, implementa estrategias para facilitar la memoria y la organización de material antes de la codificación, verificación y evaluación de representaciones que han sido recuperadas de la memoria a largo plazo (Ramnani & Owen, 2004).

La CPF dorsolateral integra la información que procede de las áreas de asociación unimodal y heteromodal, y de las zonas paralímbicas. Según Mesulam, una de sus funciones principales es la de propiciar la interacción inicial entre la información sensorial que recibe del córtex posterior y la información procedente del sistema límbico y el córtex paralímbico; esta interacción implica la relación existente y la retroalimentación entre las sensaciones y las emociones: la forma en que las emociones influyen en la interpretación de la información sensorial y al contrario, la forma en que el procesamiento y los aprendizajes previos pueden modificar los estados de ánimo (Mesulam, 2002). Una de las funciones principales de la CPF dorsolateral, siguiendo el modelo de Fuster, es su papel crítico en la organización temporal de las acciones que están dirigidas hacia una meta, ya sea biológica o cognitiva (los movimientos somáticos y oculares, la conducta emocional, el rendimiento intelectual, el habla o el razonamiento). Para la organización temporal de las secuencias de conducta nuevas y complejas resulta imprescindible la integración temporal de múltiples

estímulos separados, acciones y planes de acción, que deben orientarse a la ejecución de tareas dirigidas hacia un fin. La CPF dorsolateral actúa en la mediación de esos estímulos independientes, que coinciden en el tiempo con la finalidad de organizar la conducta. El desarrollo y la maduración del cerebro van conformando toda una red neuronal, a través de la experiencia en la exposición ambiental, de manera que esas neuronas prefrontales tienden a responder de forma similar ante estímulos o situaciones previamente aprendidas. Esto va a significar que el trabajo integrativo del lóbulo frontal implicará la activación de las memorias a largo plazo (Jódar, 2004).

El papel de la CPF dorsolateral en la cognición parece involucrar una gran variedad de procesos. Son muchas las conductas que se ven afectadas con su lesión y una gran variedad de tareas activan su funcionalidad. Sin embargo, una pieza clave para establecer un papel más unificado sobre su función en la cognición recae sobre su conectividad con otras regiones cerebrales. Sus efectos relacionados con la regulación top-down dependen de las áreas que reciben dicha señal, pero en este sentido, siempre está desempeñando la misma función –el control cognitivo. Es decir, las señales top-down de la CPF dorsolateral podrían aumentar las representaciones internas de los estímulos sensoriales relevantes en la corteza extra-estriatal o los planes motores anticipados en la corteza premotora. A su vez, también podría ejercer un control sobre el cuándo y qué representación será ensayada (Curtis & D’Esposito, 2003).

Numerosas investigaciones sugieren que al menos tres principales circuitos subcorticales están relacionados con el procesamiento cognitivo, emocional y motivacional: el dorsolateral, ventromedial y orbitofrontal. La CPF dorsolateral proyecta principalmente a la parte dorsolateral del núcleo caudado, y se le ha vinculado con la fluidez verbal, la

flexibilidad mental, la planificación, la inhibición de respuestas, la memoria de trabajo, la resolución de problemas y el pensamiento abstracto (Duke & Kaszniak, 2000; Stuss, 2011). El circuito de la CPF ventromedial, está relacionado con la motivación y comienza en el cíngulo anterior y proyecta hacia el núcleo accumbens. Las lesiones en esta región por lo general producen apatía, un decremento en las interacciones sociales y retardo psicomotor (Sbordone, 2000). La CPF orbitofrontal proyecta al núcleo ventromedial del caudado y está asociado con las conductas sociales apropiadas al contexto. Las lesiones en esta área causan conductas desinhibidas, impulsividad y conductas antisociales (Cummings, 1995).

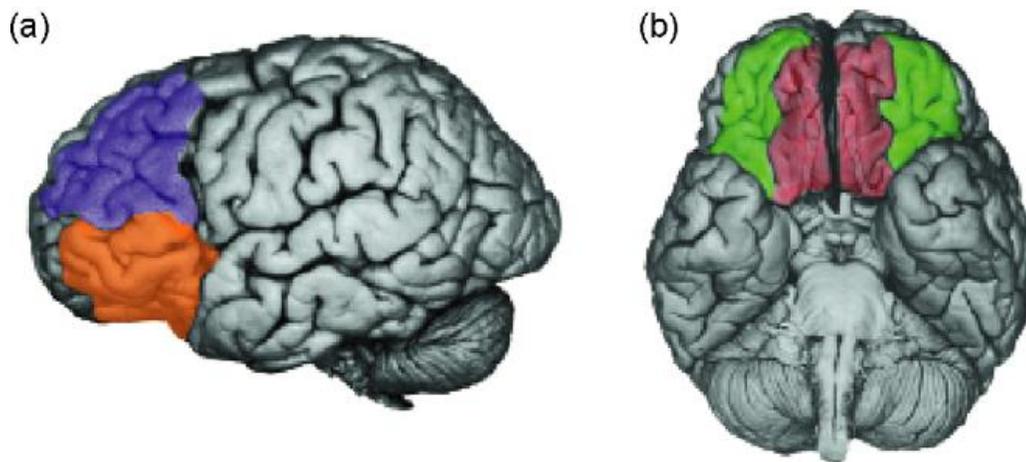


Fig. 1. Regiones de la corteza prefrontal (CPF) relacionadas con la inhibición de respuestas. (a) Corteza dorsolateral (azul) y ventrolateral (naranja). (b) La CPF ventromedial (rojo) y la orbitofrontal (verde).

En el caso de los modelos de sistemas unitarios, el modelo de control de la acción postula dos modos de control para actividades rutinarias y no rutinarias. En las actividades rutinarias los estímulos apropiados activan el sistema sin necesidad de un automonitoreo (Norman & Shallice, 1986). Las actividades que son más complejas y novedosas requieren de un control de orden superior y es cuando las FE regulan la ejecución durante la realización de esas actividades (Miyake et al., 2000). Uno de los primeros conceptos acuñados en el ámbito clínico, define los procesos ejecutivos como “un conjunto de

procesos de control y dominio general que involucra la inhibición y el retardo de respuestas para la organización de una meta y la integración de procesos cognitivos a lo largo del tiempo” (Denckla, 1996). Los sistemas ejecutivos apoyan la circuitería neural asociada a la organización y reorganización de la atención (control de las entradas sensoriales), intención (control de las salidas conductuales) y pensamiento (procesamiento y memoria) (Pribram, 1997) que permiten la integración de eventos pasados con los presentes para guiar una conducta futura. Al igual que la memoria de trabajo, la planificación de una tarea y la ejecución de planes son dependientes de la atención y por lo tanto, sujetos a la interferencia. Especialmente disruptivo puede ser la interferencia de los planes de acción. Más específicamente, la promulgación de secuencias ejecutivas requiere de la atención dirigida a las respuestas motoras. Este tipo de atención, a la cual llamamos atención motora o atención ejecutiva o planeación de una tarea, podrá estar deteriorada en los pacientes frontales en parte debido al pobre control inhibitorio de la interferencia (Fuster, 2008).

En su conjunto, estas consideraciones pueden dar como resultado al menos tres grandes conclusiones. Primero, que los LF no funcionan de manera aislada. Existen numerosas redes neurales que trabajan en paralelo con los LF y otras partes del cerebro. El funcionamiento prefrontal es particularmente sensible al daño o lesión subcortical. Lesiones en el cerebro medio, diencefalo, ganglios basales y materia blanca subcortical pueden todos ellos producir síntomas similares a aquellos causados por lesiones prefrontales corticales focalizados, de ahí que, el personal clínico sustituya el término “lóbulos frontales” con el de “sistemas frontales-subcorticales”. Segunda conclusión, no existe una habilidad unitaria o síndrome de los LF; el tipo de conducta ejecutada varía en la medida de la localización y naturaleza del daño prefrontal. El daño prefrontal puede dar como resultado en una gran

variedad de condiciones, incluyendo la desinhibición, la apatía, la agitación y el aislamiento. Tercera, que una sola prueba de los lóbulos frontales no puede identificar a pacientes con daño. Los clínicos deberán de utilizar una gran variedad de pruebas y técnicas que incluyan la evaluación neuropsicológica, clínica y reportes para inferir de manera adecuada el daño en específico de las estructuras prefrontales (Miller & Cummings, 2007).

Desde nuestro punto de vista, las FE se nutren tanto de recursos atencionales como de recursos mnémicos, pero su función es la de proporcionar un espacio operativo y un contexto de integración de estos procesos con objeto de optimizar la ejecución en función del contexto actual (externo, interoceptivo y metacognitivo) y de la previsión de nuestros objetivos futuros, para hacer posible la integración y aceptación social. Por tanto, las FE constituyen mecanismos de integración intermodal e intertemporal, que permiten proyectar cogniciones y emociones desde el pasado hacia el futuro con objeto de encontrar la mejor solución a situaciones novedosas y complejas (Bechara, 2010). Por otra parte, el desarrollo de técnicas de evaluación neuropsicológicas y de imagenología cada vez más sofisticadas ha incrementado el interés sobre las regiones corticales, particularmente los lóbulos frontales. Sin embargo, tendremos que dejar muy en claro la terminología y su relación entre las funciones ejecutivas, los lóbulos frontales y la corteza prefrontal (Kramer & Quitania, 2007).

Los objetivos abordados por las FE pueden ser tanto de naturaleza cognitiva (ej., para un publicista, diseñar una campaña novedosa y ajustada a las demandas del cliente) como de índole socio-emocional (ej., encontrar el tono afectivo adecuado para convencer al cliente de la idoneidad de la campaña en una reunión de presentación), y requieren tener en

cuenta, tanto las consecuencias inmediatas como los resultados a medio y largo plazo de las conductas seleccionadas. Una de las principales características de las funciones ejecutivas es su independencia del “input” o entrada del estímulo, es decir, los mecanismos ejecutivos coordinan información procedente de distintos sistemas de entrada (percepciones de distintas modalidades sensoriales), procesamiento (atención, memoria o emociones) y salida o “output” (programas motores). En este sentido, las FE son responsables tanto de la regulación de la conducta manifiesta como de la regulación de los pensamientos, recuerdos y emociones que promueven un funcionamiento adaptativo. Por otro lado, con el propósito de alcanzar los objetivos planteados, los mecanismos ejecutivos se coordinan tanto para recuperar información almacenada en el pasado (ej., mecanismos de acceso y recuperación de información), como para estimar y anticipar los posibles resultados de distintas opciones de respuesta en el futuro (ej., mecanismos de planificación, intención demorada y toma de decisiones). Una cuestión de debate es el grado de solapamiento entre las funciones ejecutivas y otros procesos cognitivos, como la atención o algunos componentes de la memoria (memoria de trabajo o memoria prospectiva) (Jódar, 2004).

Los estudios empíricos y teóricos proponen tres componentes principales que subyacen a las FE: a) la inhibición y el cambio de respuestas, b) la memoria de trabajo y c) la atención sostenida y selectiva (Alvarez & Emory, 2006). Proponiéndose por lo tanto tres grandes componentes operacionales: 1) el control de la atención, el cual incluye la atención selectiva, atención sostenida e inhibición de respuestas; 2) la configuración de objetivos, que serían las conductas de inicio, planeación, resolución de problemas y de estrategias; 3) la flexibilidad cognitiva, aquí la memoria de trabajo, el cambio de atención, el auto-monitoreo, los cambios conceptuales y el auto-control serían las principales conductas.

Como tal, la inhibición no es un constructo unitario y por lo tanto los trastornos disejecutivos pueden reflejar una pobre capacidad de planificación y organización, dificultades para generar e implementar estrategias para resolver problemas, perseveración de respuestas, e incapacidad para corregir errores en las respuestas mediante la retroalimentación (Alvarez & Emory, 2006; Anderson, 1992; Miyake et al., 2000).

Central a este control de funciones esta la habilidad para seleccionar acciones apropiadas que puedan resultar conductualmente ventajosas, y a la inversa, retener o suprimir acciones que sean inapropiadas o no deseadas en un contexto conductual debido a que causan interferencia con el desarrollo de los objetivos y/o metas motoras y/o cognitivas. De particular interés resulta entonces la FE de inhibición conductual, dado que resulta de vital importancia como sustrato de habilidades cognitivas sociales y adaptativas de la vida diaria y que alcanza su máximo desarrollo en la adolescencia. La inhibición de respuestas es el componente principal de las FE, junto con la memoria de trabajo, la planificación y la flexibilidad mental y depende de la maduración de los lóbulos frontales (Vidal, Mills, Pang, & Taylor, 2012). Las regiones cerebrales implicadas en la inhibición de respuestas están muy bien descritas gracias a los estudios de resonancia magnética funcional, estas áreas involucran estructuras subcorticales y talámicas, corteza premotora, corteza motora suplementaria, cíngulo anterior, lóbulos parietales, entre otras (Rubia, Smith, Taylor, & Brammer, 2007).

En vista de que las FE hacen referencia a una amplia gama de atributos cognitivos relacionados con la supervisión, control y organización de la conducta, ya que estas incluyen la habilidad para iniciar y terminar acciones, pensar en términos abstractos o conceptos, adaptarse a nuevas circunstancias y responder socialmente de manera adecuada

(Stirling, 2002), el deterioro o grado de funcionalidad de las FE es un factor determinante de conductas disfuncionales y de riesgo y niveles altos de funcionamiento ejecutivo dan como resultado una vida más adaptada y por lo tanto, exitosa. De ahí que los déficits en el procesamiento ejecutivo contribuyan al bajo rendimiento académico, la deserción escolar, las conductas de riesgo (ej., adicciones, embarazos no deseados, accidentes, desempleo, etc.), los problemas de conducta y las dificultades sociales en el ámbito escolar. De tal manera que el rendimiento académico estará determinado por una gran variedad de factores que abarcan desde las oportunidades en la educación, nivel socio-económico, aptitudes sociales, tipo de personalidad y habilidades cognitivas (Wentzel, 1991). Entre estas últimas, la función ejecutiva de inhibición de respuestas, parece tener efectos en diversos dominios importantes para el rendimiento académico. Si bien es cierto que es importante reconocer que son muchos los factores que determinan el rendimiento académico, en este estudio nos centraremos principalmente en la inhibición de respuestas bajo un contexto emocional.

2. Control inhibitorio de la conducta

El control inhibitorio de la conducta, compuesto de actos motores, emocionales, cognitivos y sociales, es filogenéticamente una de las funciones de auto control más desarrolladas en el humano. Ontogenéticamente, se ha observado que la inhibición de respuestas motoras se desarrolla progresivamente desde la infancia hasta la adultez. Para

contextualizarlo en la vida cotidiana, por ejemplo, a menudo las personas tienen que resistirse a impulsos que los hacen querer volverse a dormir, ingerir alimentos que engorden o prohibidos, de expresarse, de hacer cosas peligrosas, de jugar en lugar de trabajar, de llevar a cabo conductas sexualmente inapropiadas o violentas, y en general, de hacer numerosas conductas problemáticas para los otros y para sí mismos –de tal manera, que las satisfacciones inmediatas pueden ser fáciles de conseguir a corto plazo, pero las consecuencias de estas a largo plazo pueden tener consecuencias elevadas o violar las reglas de convivencia social. ¿Qué es entonces lo que nos permite seguir estas reglas y normas y así resistirnos a lo que egoístamente queremos hacer? Un control cognitivo eficiente requiere de un equilibrio entre la capacidad de prepararse proactivamente (ej., mantener el objetivo de la tarea) y la de reaccionar (ej., ante un estímulo inesperado NoGo) bajo las circunstancias o demandas durante la resolución de una tarea en particular. La mayoría de los paradigmas de inhibición de respuestas imponen la necesidad de ajustar las estrategias en sus respuestas en situaciones que pueden tener varias opciones de respuestas.

El término de inhibición se ha utilizado en la psicología desde el siglo XIX, sin embargo, puede tener diferentes significados dependiendo del contexto donde se le utilice y puede variar su uso en relación a los mecanismos que controlan las conductas, a los circuitos neurales entre regiones cerebrales, a la tasa de disparo de neuronal, hasta la acción enzimática. Los estudios pioneros de psicofisiología descubrieron la inhibición en los reflejos motores simples, y estudios posteriores demostraron la influencia descendente del sistema nervioso central en la inhibición motora y de órganos internos. Otros significados del concepto pueden ser aplicados a un nivel más fino de análisis, y tal es el caso de las neuronas inhibitorias (ej., aquellas que utilizan el neurotransmisor ácido gamma-amino

butírico GABA), es decir, cuando estas neuronas GABAérgicas están activas, liberan GABA a través de la hendidura sináptica, y esto puede inducir la inhibición de la neurona blanco en la forma de un potencial postsináptico inhibitorio. Existen otros muchos significados o interpretaciones del término en las neurociencias, como la inhibición lateral, inhibición recíproca, inhibición recurrente, entre otros (Aron, 2007). En la psicología experimental moderna, el concepto de la inhibición comprende múltiples procesos cognitivos que comprenden el mismo nombre, por ejemplo, una de las principales distinciones consiste entre las formas automáticas y las activas o voluntarias de la inhibición.

El concepto de inhibición ha sido utilizado para describir una gran cantidad de fenómenos, debido al empleo excesivo del término se recomienda acompañarlo de los adjetivos calificativos adecuados para poder clarificar el significado deseado y el nivel de análisis en el cual se utiliza. No es fácil relacionar la inhibición sináptica con las interacciones inhibitorias entre diferentes áreas cerebrales o el concepto de inhibición a nivel conductual (Bari & Robbins, 2013), por lo tanto, consideraremos en este trabajo a la inhibición con el vínculo entre la decisión de inhibir una acción y el acto de inhibirla, es decir, la inhibición conductual. Por supuesto que la inhibición de respuestas involucra áreas cerebrales relacionadas con el control motor de manera más amplia que la inhibición meramente cognitiva. Al evaluar los indicadores observables de la inhibición podemos estudiar las consecuencias conductuales y funcionales del fallo inhibitorio en el cerebro sano y patológico, de esta manera la inhibición de respuestas nos sirve como un endofenotipo, o indicador, para el estudio de la impulsividad, el control cognitivo y sus huellas neurobiológicas (Bari & Robbins, 2013), por lo que constituye un término muy

amplio que comprende respuestas cognitivas, atencionales/perceptuales y motoras (Garavan, Hester, Murphy, Fassbender, & Kelly, 2006). Sin deseos, necesidades o hábitos no habría necesidad de inhibir, mientras que un sistema inhibitorio funcional prevendría de actos impulsivos (Bari & Robbins, 2013).

De manera muy general, se considera que la inhibición juega un papel muy importante controlando los distractores sensoriales, visuales y auditivos; las memorias no deseadas; las emociones dolorosas; y las respuestas manuales, vocales y oculares incompatibles. Así que el término de inhibición resulta ser muy útil en el campo de la psicología cognitiva, en el ámbito de la neuropsiquiatría, los déficits inhibitorios se utilizan para explicar ciertos aspectos de la impulsividad, la perseveración, manías, trastornos obsesivos, déficit de atención, agresión, trastorno de estrés postraumático, entre otros (Aron, 2007).

La inhibición es un concepto clave en la psicología debido a que gran parte de las conductas exitosas o bien ejecutadas dependen de esta: es necesario inhibir la información que nos distrae para poder enfocar la atención, tenemos que inhibir las señales irrelevantes para poder recuperar las memorias, e inhibir las respuestas habituales para poder realizar respuestas adaptativas. Es importante hacer notar que la inhibición no es un proceso unitario, sino que consiste de tres componentes principales: la inhibición de respuestas preferentes, la resistencia ante los distractores por interferencia (ignorar o filtrar la información irrelevante para la ejecución de una tarea), y la resistencia a la interferencia proactiva (impedir que la información importante previa pero no la información irrelevante interfieran con la memoria) (Dillon & Pizzagalli, 2007).

Así que esta capacidad de filtrar información irrelevante del medio, suprimir respuestas, y emitir respuestas adaptativas en contextos emocionales es una de los principales problemas o características en muchos trastornos psicológicos y psiquiátricos, que abarcan desde la impulsividad en niños con déficit de atención e hiperactividad (TDAH), la pérdida de control observada en los adictos, esquizofrenia, hasta las conductas inapropiadas observadas en los pacientes con lesión cerebral (Chambers et al, 2006). La inhibición es reportada generalmente como un mecanismo de control top-down mediado por los lóbulos frontales. Sin embargo, diferentes formas de inhibición reclutan distintas áreas de la corteza prefrontal. De tal manera que abarca un gran variedad de procesos y regiones cerebrales necesarios para controlar las respuestas motoras, de particular importancia las respuestas no deseadas, preferentes o reflejas, por ejemplo, si comparamos con sujetos sanos a los individuos con esquizofrenia y los que presentan déficit de atención con hiperactividad, se observa poca inhibición de respuestas y un desempeño conductual pobre en las tareas de tipo Go/NoGo (Aron, 2007).

Así como es fundamental para los procesos ejecutivos, también tiene un control importante sobre el sistema motor, fluidez verbal y sintaxis, por lo que déficits inhibitorios resultan en problemas motores y ejecutivos (Anderson, 2008). En este modelo propuesto por Barkley incluye cuatro componentes ejecutivos primarios que etiquetó como la memoria de trabajo, la auto-regulación de las emociones, motivación y el alertamiento, la internalización del discurso y la reconstrucción. De particular importancia para nosotros es el segundo dominio de este modelo relacionado con la regulación bajo contextos emocionales, debido a que para poder ejecutar una conducta dirigida a una meta, la auto-regulación de las emociones es evidentemente importante. La auto-regulación es uno de los

componentes principales del funcionamiento ejecutivo, se le define como cualquier conjunto de respuestas diseñadas para alterar la posibilidad de que un individuo ejecute un respuesta ante un evento determinado, y que al hacerlo, se modifiquen las probabilidades y consecuencias relacionadas con dicho evento (Barkley, 1997), en base a esta definición la auto regulación incorpora la mayoría de los componentes de las FE, constituyéndose como el prerequisite para todos los procesos ejecutivos.

Evidentemente, esta capacidad de suprimir la información irrelevante y las conductas se vuelve cada vez más eficiente con la edad. La inhibición es un componente fundamental en el control de la conducta, dado que nos permite sobrellevar las conductas automáticas o rutinarias. Diversos estudios sugieren que regiones del hemisferio derecho que incluyen la CPF dorsolateral, la corteza parietal inferior y la corteza del cíngulo son especialmente importantes para la inhibición (Rubia et al., 2007). La corteza anterior del cíngulo se ha relacionado con el desempeño en el monitoreo y detección de conflictos. Durante las situaciones con gran demanda de respuestas en conflicto, la actividad de la corteza anterior del cíngulo emplea los mecanismos de control cognitivo sustentados por la corteza prefrontal, dando como resultado la regulación de la conducta (Hester, Fassbender, & Garavan, 2004; Kerns et al., 2004). La corteza del cíngulo se ha descrito como necesaria para la atención necesaria para la acción, selección de respuestas, detección de errores, monitoreo del conflicto, anticipación y memoria de trabajo. Además, se ha propuesto que esta participa en el control motor mediante la facilitación de respuestas apropiadas e inhibiendo las inapropiadas especialmente bajo contextos rápidamente cambiantes (Paus, Petrides, Evans, & Meyer, 1993). De tal manera que participa más en el monitoreo de

conflictos, detección de errores y la asignación de los recursos atentos más que con la inhibición de respuestas por sí sola.

Estudios de meta análisis de los paradigmas Go/NoGo confirman la actividad prefrontal ventral y dorsal en los procesos de inhibición de respuestas (Garavan et al., 2006), neurobiológicamente la inhibición de respuestas motoras en las tareas de Go/NoGo dependen de la interacción entre los lóbulos frontales y los ganglios basales, así como las regiones relacionadas con el control motor, incluyendo el tálamo y la corteza motora primaria. Aunque una gran variedad de regiones frontales son necesarias en estas tareas, la corteza prefrontal ventrolateral está directamente unida al control inhibitorio en numerosos paradigmas (Dillon & Pizzagalli, 2007).

En general, se piensa que el control ejecutivo opera de manera jerárquica, teniendo la CPF un papel destacado, sin embargo, dependiendo de la tarea a llevarse a cabo, diferentes regiones cerebrales corticales y subcorticales estarán involucradas en una serie de procesos que abarcan desde la atención sostenida, la detección del error y las representaciones mentales de las reglas de la tarea en ejecución. Las áreas cerebrales que más menudo se relacionan con las tareas de inhibición de respuestas en estudios de lesión y de fMRI incluyen el área premotora suplementaria, el motora suplementaria (Mostofsky et al., 2003), corteza premotora (Picton et al., 2007), corteza parietal (Rubia et al., 2007) y la CPF ventrolateral e insula (Boehler, Appelbaum, Krebs, Hopf, & Woldorff, 2010). La activación de la corteza frontal inferior y la insula han sido vinculadas consistentemente con la inhibición de respuestas (Garavan et al., 2006), sin embargo, la corteza insular ha sido relacionada con la resolución de la interferencia cuando las respuestas conflictivas se activan o de una manera más general cuando se necesita de mantener niveles elevados de

motivación y control “top-down” durante la tareas. Por otra parte, las activaciones parietales pueden estar relacionadas con las demandas atencionales visuoespaciales de la tarea (Bari & Robbins, 2013). La CPF dorsolateral presenta grandes activaciones durante las tareas de inhibición de respuestas (Garavan et al., 2006), pero es muy probable que este involucrada en el mantenimiento en línea de las reglas de la tarea (Levy & Goldman-Rakic, 2000) y su activación ha sido relacionada más con la memoria de trabajo. En general, la CPF dorsolateral se piensa que ejerce un control ejecutivo sobre las conductas motivadas y emocionales, más que con las respuestas motoras (Delgado, Gillis, & Phelps, 2008).

Las regiones del hemisferio derecho que parecen ser intrínsecas a la inhibición de respuestas son el giro frontal medial y el lóbulo parietal inferior. Sin embargo, a pesar de la aparente importancia del hemisferio derecho sobre el control de la inhibición, se han identificado dos sistemas neuroanatómicos involucrados en la inhibición de respuestas y la participación de cada uno puede ser identificada basándose en la relativa dificultad de la respuesta de inhibición. Es decir, cuando la velocidad de los estímulos que se presentan es relativamente lenta, la inhibición de la respuesta es ejecutada por el sistema del hemisferio derecho. Este sistema puede facilitar una inhibición más “controlada” o deliberada, quizá relacionada con las funciones atribuidas a la CPF dorsolateral derecha en la selección y cambio de respuestas adecuadas sobre las respuestas motoras prepotentes. Seleccionar un curso adecuado a las acciones durante acciones demandantes o interferentes es quizá una de las características putativas de la CPF. El segundo sistema inhibitorio, involucra a la corteza anterior del cíngulo, y se activa cuando las inhibiciones de la respuesta en curso son relativamente rápidas, sugiriendo que esta estructura puede ser específicamente importante en las inhibiciones urgentes sobre aquellas más automáticas. El hecho de que la CPF

dorsolateral derecha disminuyera su activación durante las tareas de inhibición relativamente fáciles sugieren que la activación del cíngulo refleja su función como central en la ejecución de respuestas de inhibición difíciles (Garavan, Ross, Murphy, Roche, & Stein, 2002).

Mientras que diversas investigaciones parecen coincidir en esta red neural necesaria para el control inhibitorio, otras indican que la neuroanatomía de esta función ejecutiva parece diferir entre individuos y a través de circunstancias. Por ejemplo, dentro de las diferencias individuales existe evidencia de que los patrones de activación pueden ser afectados por múltiples factores, como los niveles de dopamina (Gibbs & D'Esposito, 2005), niveles hormonales (Maki & Resnick, 2001), el grado de práctica en la ejecución de la tarea (Kelly & Garavan, 2005) o las estrategias cognitivas empleadas por los sujetos (Speer, Jacoby, & Braver, 2003). Respecto al control inhibitorio, los sujetos con mayor variabilidad en los tiempos de respuesta muestran mayores activaciones relacionadas con la inhibición en áreas frontales, parietales y talámicas; y esta variabilidad en los tiempos de respuesta, independientemente del promedio en los tiempos de respuesta, es una medida intrínseca a la atención sostenida la cual se correlaciona con el éxito inhibitorio (Bellgrove, Hester, & Garavan, 2004; Garavan et al., 2006).

En resumen, debido al gran número de procesos necesarios para llevar a cabo una respuesta de inhibición exitosa, tanto en la vida real como en el laboratorio, parece razonable mencionar que es un circuito complejo el que está relacionado. Es probable que las interacciones entre la corteza inferior frontal y el área premotora suplementaria (además de los núcleos subcorticales y del tallo cerebral) permitan que se lleve a cabo una inhibición exitosa de las respuestas motoras preferentes (Bari & Robbins, 2013). De tal manera que las

áreas corticales involucradas en la inhibición de respuestas mandan las señales de alto a los ganglios basales, los cuales interceptan la respuesta preferente (ej., respuestas Go), disminuyendo la excitabilidad de la corteza motora, además, uno de los núcleos de relevo más importantes dentro de estas señales de alto es el núcleo subtalámico, el cual está directamente conectado con la corteza motora suplementaria y la corteza prefrontal inferior (Greenhouse, Oldenkamp, & Aron, 2012).

En la mayoría de los paradigmas de inhibición de respuestas el sujeto evaluado necesita ajustar sus estrategias de respuesta en situaciones con múltiples opciones de respuesta. Se les pide que respondan de manera rápida y precisa ante una serie de estímulos, y a su vez se les da la instrucción de que no respondan a un segundo tipo de estímulo en particular. Los paradigmas más comunes para estudiar la inhibición de respuesta son sin duda alguna la tarea go/nogo y la tarea señal de alto. A pesar de ser muy similares en su naturaleza, estas difieren en un aspecto muy importante: mientras que en las tareas go/nogo los estímulos en una secuencia son indicadores ambiguos relacionados con si es necesario responder o no, mientras que en la tarea de señal de alto primero se genera una respuesta mediante la presentación de un estímulo go que es seguido siempre de una señal de alto indicando la necesidad de inhibir la respuesta que ya se había iniciado. Las variables conductuales obtenidas en estos paradigmas son el número de inhibiciones correctas, el promedio de reacción en las pruebas Go así como el número de errores por omisión y por comisión (Huster, Enriquez-Geppert, Lavalley, Falkenstein, & Herrmann, 2012).

Con respecto a las respuestas electrofisiológicas, en ambos paradigmas se generan dos potenciales relacionados a eventos: el N200 y el P300 con distribución fronto-medial.

Cuando la señal electroencefalográfica se descompone en el dominio del tiempo y la frecuencia, se observan las ondas theta (4-8 Hz) y delta (0-4 Hz), así como beta (12-30 Hz) en los electrodos fronto-centrales (Krämer, Knight, & Münte, 2011). Uno de los métodos más utilizados para el estudio de la inhibición y su correlato neural es el uso de los potenciales relacionados a eventos (PREs) mientras se realiza una tarea de tipo Go/NoGo.

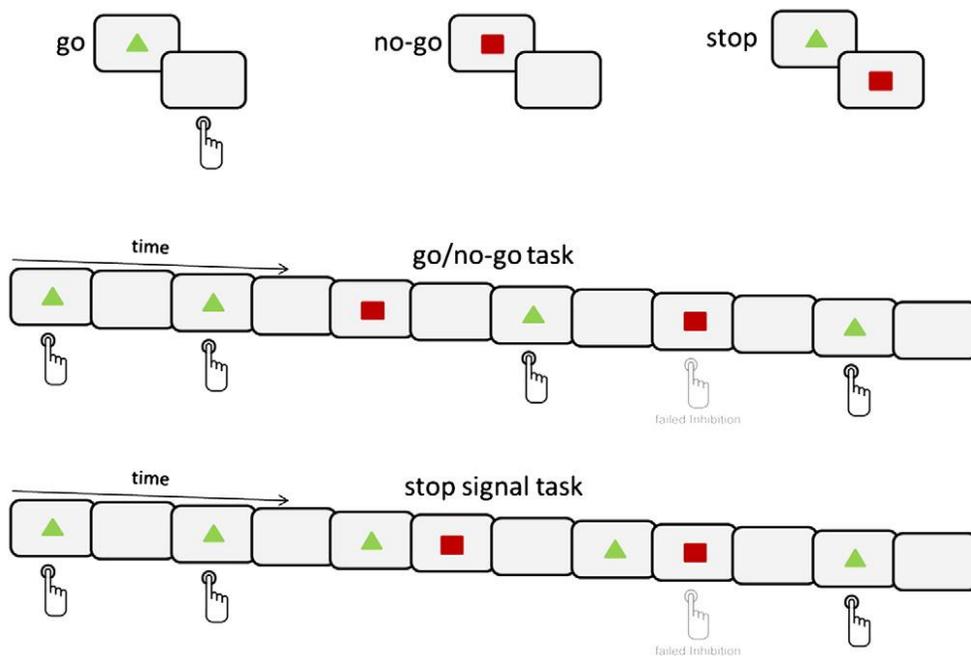


Fig. 2. Características básicas de las tareas go/nogo y señal de alto. Ambas tareas contienen secuencias de estímulos go que usualmente consisten en la presentación de un solo estímulo. Se le pide a los participantes que respondan ante el estímulo. En la tarea go/nogo se incorporan los estímulos nogo, durante los cuales el estímulo presentado es diferente del estímulo go. Aquí se le pide a los participantes que no respondan; si la inhibición de la respuesta falla entonces se produce una respuesta.

Debido a la aparente demanda para suprimir las reacciones motoras, las respuestas electrofisiológicas provocadas por las tareas Go/NoGo a menudo han sido interpretadas como indicadores de los procesos inhibitorios. Además, estas tareas y sus variables psicofisiológicas tienen una relevancia clínica muy importante, en la medida que muchos

trastornos psiquiátricos se originan como déficits inhibitorios. Estudios que utilizan el paradigma Go/NoGo han revelado un patrón de activación cerebral diferente si se presentan caras o imágenes emocionales en comparación a las neutras, involucrándose redes neuronales de procesamiento emocional y de control inhibitorio, pudiendo dificultar o facilitar la inhibición de respuestas impulsivas e indicando la influencia de las emociones sobre diferentes procesos cognitivos (Ramos-Loyo, González-Garrido, Sánchez-Loyo, Medina, & Basar-Eroglu, 2009; Shafritz, Collins, & Blumberg, 2006; Schulz et al., 2009).

2.1 Los Potenciales Relacionados a Eventos y el Control Inhibitorio

Nuestra capacidad para sentir y actuar puede ser atribuida de cierta manera a la actividad cerebral: debe integrar conscientemente la situación presente y la del ambiente, incluyendo los planes existentes para actuar o no, junto con las asociaciones sensoriales y recuerdos; además es necesario que sincronice de manera óptima la distribución de la atención, los planes de acción y los estados fisiológicos corporales de tal manera que se prepare adecuadamente para enfrentar el desafío del momento.

Por más de un siglo, los científicos han utilizado mediciones de la actividad cerebral para tener conocimiento de las funciones cognitivas, perceptuales y motoras. Como resultado, se han desarrollado una gran variedad de métodos para medir la actividad cerebral de manera no invasiva. Dentro de esta clase de métodos, existen varias maneras de evaluar la actividad eléctrica cerebral, tanto en el dominio del tiempo como del espacio (Otten & Rugg, 2005), tal es el caso del registro electroencefalográfico o EEG.

El EEG es un indicador de la actividad de agrupaciones neuronales cuyas corrientes extracelulares asociadas con potenciales sinápticos despolarizantes e hiperpolarizantes se suman para generar los potenciales de campo que lo constituyen. La variante del EEG, conocido como los potenciales relacionados a eventos (PREs), proveen de mediciones con gran resolución temporal de los procesos cognitivos; son generados en el cerebro como una consecuencia de la activación sincronizada de las redes neurales producto de la estimulación sensorial. Estos potenciales evocados pueden estar asociados con eventos sensoriales, motores o cognitivos, siendo el primer paso a través de la interpretación funcional de los PREs el de considerar cuál es el propósito de estos mismos.

De tal manera que se pueden estudiar los PREs para tener un mejor conocimiento del componente en particular, es decir, para caracterizar las diferencias individuales de las ondas de los PREs, el sustrato biológico y cómo indentificar sus generadores cerebrales, sin embargo, más a menudo se les utiliza como una herramienta para resolver preguntas dentro de la psicología, psiquiatría, y las neurociencias. Los PREs se han utilizado desde los años 60s, y muchos estudios han intentado asociar las características particulares de las ondas de los PREs con procesos cognitivos específicos. En base a los descubrimientos de estos estudios, algunas veces es posible utilizar las características de los PREs (o

componentes) como marcadores de la ejecución de un proceso cognitivo con el cual esta correlacionado (Otten & Rugg, 2005). Por ejemplo, el objetivo principal de muchos estudios con PREs no es simplemente preguntarse si un estímulo emocional difiere de uno neutro, sino más bien, preguntarse si los componentes mejor descritos pueden ser utilizados como variables dependientes que nos permitan establecer conclusiones acerca de procesos psicológicos más generales. De tal manera que a continuación consideraremos cómo es que los descubrimientos realizados al respecto han contribuido a responder y generar preguntas relacionadas con el control cognitivo, en particular con la inhibición de respuestas (Kappenman & Luck, 2012).

La definición de los componentes PREs tiene dos grandes posturas, algunas veces referidos como la identificación de componentes “fisiológicos” y “funcionales”. El acercamiento fisiológico de un componente de los PREs esta definido en base a su fuente anatómica de origen cerebral, de tal manera que para medir al componente hay que aislar las fuentes cerebrales que subyacen a la onda de los PREs. En contraste, el acercamiento funcional considera que los componentes de los PREs deben ser definidos en base a los procesos funcionales con los cuales esta asociado (Otten & Rugg, 2005). En la práctica, los componentes de los PREs se definen por lo general en referencia a sus aspectos funcionales y a su origen neural. Debido a que los procesos cognitivos y neurales se superponen tanto en el tiempo como en el espacio, las características de la onda de los PREs (la cresta o el valle) pueden resultar de la sumatoria de varias fuentes que contribuyen en su generación, por lo tanto, pueden no estar reflejando necesariamente los procesos cognitivos o neurales de manera funcionalmente homogénea.

Un componente de los PREs es parte de una onda con una distribución circunscrita en el cráneo y con una relación circunscrita a las variables experimentales, son fluctuaciones en el EEG que están asociadas a un evento, como la presentación de un estímulo o la ejecución de una respuesta motora. Sin embargo, la mayoría de los PREs son relativamente pequeños en comparación de la actividad EEG y por lo general solo son evidentes al combinar múltiples segmentos del EEG para formar una onda PREs promediada. Este proceso de promediación ha resultado ser extramadamente útil en el campo de los PREs y fue el primer acontecimiento en donde la promediación de una señal reveló la existencia de un proceso neural novedoso y previamente desconocido. Es importante resaltar que las ondas de los PREs en un instante en particular reflejan la actividad sináptica en ese momento, y no sólo la actividad neural que comenzó en ese instante en particular. Es decir, los potenciales postsinápticos que dan origen a los PREs tienen una duración en el rango de decenas a centenas de milisegundos, por lo tanto, mientras un nuevo proceso mental se lleva a cabo, la activación neural previa persiste. En otras palabras, múltiples grupos de neuronas están activos simultáneamente en diferentes regiones del cerebro, así que las ondas PREs reflejan la actividad sináptica relacionada con el procesamiento mental a medida que se lleva a cabo milisegundo a milisegundo. Sin embargo, como las señales registradas desde el cráneo requieren de la activación simultánea de grandes grupos de neuronas orientadas de manera similar espacialmente, solo una proporción de la actividad neural que ocurre en respuesta a un estímulo es registrado desde los electrodos localizados en el cráneo (Kappenman & Luck, 2012).

La variabilidad encontrada en los PREs en cuanto a la amplitud y latencia se refiere, son la mayoría de las veces, medidas a partir de múltiples segmentos del EEG pero

separados individualmente por cada participante. En otras palabras, cada una de las tareas para cada condición son promediadas juntas para cada participante, de tal manera que cada uno contribuye con un valor para ser analizado estadísticamente en relación con las diferencias entre grupos o condiciones, donde la varianza encontrada entre sujetos contribuye a la capacidad de detectar un efecto experimental significativo. Este proceso de promediación de la señal es importante e integral en lo relacionado con la utilización de los PREs; la promediación a través de múltiples segmentos de EEG pone de relieve los PREs que no son visibles en un solo evento, así que los datos de múltiples sujetos proveen de medidas de la varianza que son importantes para evaluar los cambios estadísticamente significativos (Kappenman & Luck, 2012).

Los PREs se describen en términos de su amplitud y latencia. La amplitud se mide en microvolts (μV) y se define como la diferencia entre el promedio del voltaje de la línea base pre-estímulo y el pico de voltaje positivo más grande de la onda dentro de un periodo de tiempo (ej., 250-500 ms, a su vez el rango puede variar dependiendo de la modalidad del estímulo, la condición de la tarea, la edad del sujeto, etc.). La latencia se mide en milisegundos (ms) y es definida como el tiempo a partir del cual aparece el estímulo hasta el punto máximo de amplitud positiva dentro de un periodo de tiempo (Johnson, 1986). Un gran número de estudios han demostrado la relación entre las diferencias individuales y los procesos cognitivos con la amplitud y latencia de los PREs (Bazana & Stelmack, 2002; Egan y cols., 1994; Fjell & Walhovd, 2001; Stelmack & Houlihan, 1995).

Debido a su gran resolución temporal y a la gran capacidad para brindar información relacionada con el origen de la actividad registrada, los PREs son una buena herramienta en el estudio de la inhibición de respuestas bajo contextos emocionales. Tanto

las emociones como la inhibición de respuestas se caracterizan por la participación de procesos rápidos (de latencia corta) y breves (corta duración), algunos de los más importantes ocurren dentro de los primeros 600 ms después de la presentación de un estímulo. A continuación revisaremos a dos de los PREs más ampliamente estudiados y que están relacionados con el control cognitivo, el componente N200 (N2) y el P300 (P3).

El potencial denominado N200 o N2 es un pico negativo con distribución frontal-medial, que se registra entre los 200 y 400 ms después de la presentación del estímulo (Jonkman, Sniedt, & Kemmer, 2007). Se ha encontrado que la amplitud del N2 se varia en función del conflicto y de la necesidad del control cognitivo de la prueba, por ejemplo, la amplitud es más grande (más negativa) en las pruebas NoGo en relación con las Go y cuando el grado de discriminación entre los estímulos NoGo y los Go es difícil. Por estas y otras razones, el componente N2 es a menudo tomado como un indicador de las funciones ejecutivas en general y en particular como un monitor de conflicto (Botvinick, 2007).

Se han descrito varios subcomponentes del N2, se pueden agrupar en los que reflejan el procesamiento involuntario de información y los que son generados mediante el procesamiento activo. Durante la presentación de estímulos de manera repetitiva, el N2a se presenta con una distribución anterior y es provocado al ignorar un estímulo distractor; el N2b se presenta con una distribución central y sólo se genera durante la atención conciente del estímulo; el N2c se observa con una distribución frontal y central durante las tareas de clasificación del estímulo; el N2pc se presenta en las tareas visuales con lateralidad específica, se presenta en las regiones temporales-occipitales de la corteza contralateral a la presentación del estímulo (Patel & Azzam, 2005). El N2b se asocia con el procesamiento voluntario y se genera cuando los sujetos atienden de manera selectiva a las distracciones

en el paradigma oddball, es decir, que se genera con la detección del error o con la distracción de la expectativa mental ante el estímulo estandar. Su distribución central sugiere que tiene su origen desde la corteza frontal y temporal superior así como en la corteza anterior del cíngulo. Se ha encontrado que refleja alteraciones en la ortografía, fonología y semántica con estímulos visuales y auditivos distractores (Sanquist, Rohrbaugh, & Syndulko, 1980). El N2 provocado por estímulos visuales puede ser dividido en al menos tres subcomponentes: uno fronto-central (anterior) relacionado con la detección de la novedad o del error de la plataforma perceptual cuando el estímulo es atendido, un segundo con distribución fronto-central relacionado con el control cognitivo (abarcando la inhibición de respuestas, la respuesta ante conflictos y el monitoreo de errores) y uno o dos componentes con distribución posterior relacionados con la atención visual (Folstein & Van Petten, 2008). Basado en los resultados NoGo y otras evidencias, algunos investigadores han argumentado que el N2 anterior refleja el monitoreo del conflicto en las respuestas y que es generado en la corteza anterior del cíngulo (Nieuwenhuis, Holroyd, Mol, & Coles, 2004). Esta hipótesis apunta a que los ensayos NoGo requieren de que se contengan las respuestas preferentes, particularmente cuando los ensayos NoGo son menos probables que los Go, existiendo por lo tanto una clara división entre el N2 anterior provocado por la novedad y el N2 posterior generado por el estatus del estímulo.

En la mayoría de las versiones de los paradigmas de tipo oddball, los estímulos visuales poco frecuentes provocan N2 con mayores amplitudes en regiones parietales, temporales y occipitales, mientras que las latencias covarían con los tiempos de reacción. La latencia del N2 ha resultado ser una herramienta útil para monitorear la medida de

tiempo del acceso a los diferentes tipos de propiedades del estímulo, éste es evidente cuando los ensayos NoGo son menos probables que los Go, aunque también se puede observar cuando las probabilidades Go/NoGo son iguales (Folstein & Van Petten, 2008).

La amplitud del N2 generalmente disminuye con la edad y está asociado con las funciones ejecutivas (Lamm & Zelazo, 2006). De tal manera que la detección del conflicto en particular y las funciones ejecutivas en general constituyen un grupo de habilidades cognitivas que estarán íntimamente relacionados con los resultados ontogénicos. Por ejemplo, en un estudio se encontró que las funciones ejecutivas en niños predicen (como un gradiente) la salud física general, la dependencia a sustancias, el estatus socioeconómico y problemas legales y criminales a la edad de 32 años (Moffitt et al., 2011), también que los niños que cambian de manera flexible en el paradigma de “Dimensional Change Card Sort”, una forma clave de medir las funciones ejecutivas en edad de preescolar, registran amplitudes más pequeñas del N2 con una distribución máxima fronto-central en relación con los que no cambian de respuesta y que perseveraron (Espinet, Anderson, & Zelazo, 2012). Estos resultados son consistentes con la hipótesis de la regulación hacia abajo (“top-down”) mediada por la corteza del cíngulo anterior en la detección de conflictos, sirviendo el N2 como un marcador neural de las diferencias individuales en la función ejecutiva, refleja una negatividad con distribución central (aunque algunos estudios han reportado distribuciones más parietales) y parece ser un indicador de la atención selectiva ante las características específicas de ciertos estímulos. Los estímulos emocionales han mostrado afectar la amplitud del N2, aunque se han encontrado resultados contradictorios en lo relacionado con el efecto de los estímulos placenteros y displacenteros, así como de la lateralización de este efecto, donde se observa una mayor modulación emocional del N2

sobre el hemisferio derecho en relación con el izquierdo (Hajcak, Weinberg, MacNamara, & Foti, 2012).

Por otra parte, el descubrimiento del potencial P300 o P3 estimuló el uso de la metodología empleada en los PREs para medir las bases electrofisiológicas relacionadas con la cognición. Este potencial fue descrito por primera vez hace más de 40 años, en esos estudios manipulaban una serie de estímulos para evaluar los patrones de actividad eléctrica cerebral y sus variaciones entre condiciones (Polich, 2007). Posteriormente los resultados brindaron información acerca del papel que juega la probabilidad de aparición de los estímulos y la relevancia de la tarea, lo cual dio pauta para los análisis funcionales que se obtuvieron de los datos obtenidos en los paradigmas de tipo “odd-ball” (Pritchard, 1981). Entonces surge la pregunta obligada ¿qué es lo que hace el P3? El P3 es producido por una red neural ampliamente distribuida asociada con la atención y la memoria. Este modelo relacionado con la inhibición comprende procesos atencionales que surgen desde los cambios representacionales de la memoria de trabajo frontal. Los estímulos que dirigen la atención son transmitidos entonces a regiones temporales y parietales y esto resulta en potenciales que pueden ser separados con manipulaciones paradigmáticas y que son generados cuando la discriminación de estímulos ocurre (Polich, 2007).

El potencial denominado P3 es un pico positivo de voltaje que se observa aproximadamente entre los 300-800 ms después de la presentación del estímulo con un máximo de amplitud localizado en la corteza parietal (Donchin et al., 1986). Varios investigadores han señalado que no es un componente unitario sino que se trata de una familia de componentes que se manifiestan en el mismo rango de latencia, los cuales pueden reflejar distintos aspectos relacionados con el procesamiento de información

(Meneses, 2001). Uno de los subtipos es el P3a, caracterizado por generarse ante la presentación de un estímulo novedoso y mostrando una latencia menor, distribución topográfica frontal y se asocia con procesos implicados en la orientación involuntaria de la atención hacia estímulos novedosos. Por otra parte, el P3b se observa en regiones parietales ante la presentación de estímulos infrecuentes y ante la omisión de estímulos esperados, por lo que se sugiere esta reflejando los procesos de categorización así como los procesos de actualización contextual o de memoria de trabajo. Después del procesamiento sensorial inicial, los procesos atencionales evalúan la representación de los eventos previos mediante la memoria de trabajo. Si no se detectan cambios en los atributos del estímulo, el modelo mental actual o “esquema” del contexto del estímulo se mantiene, y solo se provocan potenciales sensoriales (N100, P200, N200). Sin embargo, si un nuevo estímulo es detectado, los procesos atencionales realizan el cambio o la “actualización” de la representación del estímulo que es concomitante con el P3. Estos eventos se observan de manera similar a la orientación de la respuesta, donde el P3 se observa con la habituación/deshabituación, lo que implica evidentemente que este componente categoriza las operaciones relacionadas con la atención y memoria (Yamaguchi, Hale, D'Esposito, & Knight, 2004). Esta hipótesis de la actualización del contexto en el P3 ha derivado en grandes evaluaciones donde se manipulan la probabilidad de aparición de los estímulos en los paradigmas odd ball con dos estímulos (Polich, 2007).

El incremento en la amplitud del P3 típicamente es interpretado como un reflejo de mayor actividad neuronal, que de alguna manera es modulado por factores biológicos internos o factores cognitivos externos. Estos factores a menudo influyen también en los picos de latencia, lo que se interpreta como una categorización del estímulo en el tiempo, es

decir, la latencia es relativamente corta cuando el procesamiento de la tarea es fácil y se alarga cuando el procesamiento de la tarea es más difícil. Así que su distribución a lo largo de la topografía del cráneo consiste en mayor amplitud y latencia más corta desde los electrodos frontales hacia los parietales (Fz, Cz, Pz) (Polich, 2012), por lo que se piensa esta reflejando la actividad neural asociada con la revisión de las representaciones mentales de un evento previo provocadas por los estímulos nuevos (Donchin, 1981), por lo tanto la amplitud del P3 está determinada por los recursos atencivos necesarios para la actualización de la memoria de trabajo (Donchin & Coles, 1988). De ahí que surja la posibilidad de que el P3 pudiera originarse a partir del vínculo neural entre la percepción de los estímulos y la respuesta ante un evento (Verleger, Jaskowski, & Wascher, 2005). Por otra parte, la latencia del P3 generalmente se ha interpretado como una medida de la detección del estímulo y su evaluación en el tiempo (Ilan & Polich, 1999), a menudo es independiente de la respuesta seleccionada y de la acción conductual (Verleger, 1997), es sensible a las demandas de procesamiento de la tarea y varía con las capacidades cognitivas (Polich & Kok, 1995). Las diferencias individuales observadas en la latencia del P3 están correlacionadas con la velocidad de las funciones mentales, es decir que latencias menores se correlacionan con desempeños cognitivos más eficientes (Polich et al., 1997), por ejemplo, las pruebas neuropsicológicas que producen fuertes correlaciones entre la latencia del P3 y las habilidades cognitivas son aquellas donde los sujetos necesitan de fuertes recursos atencivos, esta negativamente correlacionada con un buen desempeño en las pruebas de memoria inmediata en sujetos normales, se ha reportado que disminuye a medida que los niños se desarrollan, que se incrementa con el desarrollo y que se vuelve cada vez mayor a medida que el nivel de demencia aumenta (Polich, 2007).

La generación de eventos neuroeléctricos vinculados con la atención y la memoria pueden estar originados por los mecanismos encargados de inhibir la activación cerebral. Las implicaciones de esta hipótesis son de que el P3 observado en el cráneo refleja la inhibición de la actividad neural para facilitar la transmisión de la información desde regiones frontales hacia las parietales. Las señales del P3 pueden originarse a partir de la necesidad inicial para aumentar la atención y memoria de trabajo requeridos para aislar los contenidos relacionados con la tarea durante la detección del estímulo, así que la amplitud del P3 aumenta con la codificación de los estímulos que promueve el almacenamiento en la memoria para facilitar la recuperación y reconocimiento (Polich, 2007). De tal manera que la relación entre los recursos atentos y el P3 consiste en lo siguiente: el sistema está modulado por cierto nivel de alertamiento, el cual controla los niveles de atención necesarios para la ejecución de la tarea (Kahneman, 1973), cuando las condiciones de la tarea no son demandantes, se sugiere que la amplitud del P3 clasifica los recursos atentos y la amplitud es relativamente grande y el pico de latencia pequeño y para aquellas tareas que requieren de recursos atentos mayores sucede lo contrario en la medida que los recursos de procesamiento son utilizados para el desempeño de la tarea (la amplitud es menor y el pico de latencia mayor) (Kok, 2001). Generalmente el procesamiento de estímulos de manera pasiva produce amplitudes pequeñas en relación con las tareas más activas, debido a que los estímulos y los eventos no relacionados con la tarea utilizan más recursos atentos que reducen su amplitud (Kok, 1997).

La hipótesis de la inhibición es consistente con las descripciones revisadas previamente del P3: (1) Los estímulos infrecuentes y de baja probabilidad pueden ser biológicamente importantes, así que resulta adaptativo el inhibir la actividad no relacionada

para promover el procesamiento eficiente, dando como resultado una mayor amplitud. (2) Las tareas altamente demandantes limitan los recursos atencionales para controlar la inhibición, por lo que se producen menores amplitudes (3) El alertamiento modula los niveles de inhibición puestos en marcha, así como la cantidad de recursos atencionales disponibles para la ejecución de una tarea, bajos niveles de alertamiento y alta inhibición, altos niveles de alertamiento y baja inhibición. (4) La relación entre la latencia y la capacidad cognitiva refleja la velocidad con que un proceso novedoso es inhibido –una cualidad ventajosa que esta asociada con la inteligencia. (5) Disminución en la amplitud y aumento en la latencia están relacionados con la edad y la demencia (Polich, 2012).

En cuanto a la regulación emocional y el componente P3, se le ha registrado tanto para estímulos placenteros como displacenteros, sugiriéndose que los procesos en los que esta participando pueden estar directamente vinculados con la motivación. A pesar de que es difícil demostrar que dos componentes de los PREs reflejan “lo mismo”, el P3 generado de manera tradicional (ej., no afectivo) en los paradigmas oddball presenta una topografía y una temporalidad similar al P3 generado con estímulos emocionales –y ambos reflejan la distribución de los recursos atencionales basados en la saliencia motivacional. Como se ha descrito previamente, la asignación de un estímulo en un paradigma de tipo oddball es arbitraria; no hay nada inherentemente motivacional acerca de la comparación entre un estímulo Xs comparado con uno Ys. Sin embargo, como hemos discutido, existe amplia evidencia de que ciertos tipos de estímulos –por decir emocionales, son salientes e inherentemente motivacionales y pueden captar la atención de manera automática. Por otra parte, a pesar de la distribución topográfica y la temporalidad, los P3 afectivos y no afectivos parecen responder de manera similar a las manipulaciones de la atención; ni los

estímulos blanco ni los emocionales no atendidos provocan aumentos en el P3. Así que en lenguaje de los P3, los estímulos emocionales deben considerarse como estímulos naturales (Hajcak et al., 2012). Dos efectos tempranos (≤ 300 ms) en el P3 aparecen con los estímulos emocionales: entre los 100 y los 150 ms, las imágenes emocionales están asociadas con un dipolo que es positivo en las áreas frontales y negativo en las áreas parietales/occipitales. Independientemente de estos efectos tempranos, también emergen componentes positivos tardíos (≥ 300 ms) ante imágenes emocionales. Aproximadamente de los 300 a los 600 ms, existe una positividad en las regiones parietales, seguida de otras adicionales en regiones occipitales y centrales con un pico aproximado a los 800-1000 ms después de la presentación del estímulo. Finalmente, se observa una positividad en las áreas fronto-centrales con un pico a los 1600 ms aproximadamente (Hajcak et al., 2012).

Más de tres décadas de investigación confirman los resultados de que los componentes N2 frontal y el P3 fronto-central presentan incrementos ante los estímulos NoGo en relación con los Go. Este efecto NoGo en el N2 se incrementa en el grupo de participantes que hacen pocos errores de inhibición y se incrementa cuando la inhibición es más difícil así como cuando se le pide a los participantes que respondan rápidamente en los estímulos Go. Estos efectos no se limitan a la respuesta manual de un botón, sino que los efectos NoGo en el N2/P3 también se observan cuando los participantes tienen que hacer respuestas sacádicas o cuando tienen que contar el número de estímulos Go (Randall & Smith, 2011). De tal manera que el N2/P3 son procesos funcionalmente independientes que reflejan distintos aspectos de la inhibición conductual, esto es, el conflicto se genera ante la opción de responder o no responder de la tarea. En contraste, la interpretación del P3 NoGo como relacionado con la inhibición adquiere mayor sustento, sin embargo hay que hacer el

comentario de que no representa estrictamente el paro de una conducta, sino más bien la cancelación de una respuesta planeada.

Si tomamos en cuenta la interpretación del N2 relacionado con la detección del conflicto, éste ocurre cuando dos representaciones mentales incompatibles son activadas y este conflicto puede ocurrir en cualquier etapa del procesamiento sensorial. Sin embargo hay que hacer notar que los procesos relacionados con el N2 y el P3 son indisolubles, es decir, que el proceso de cancelación de una respuesta no puede ser medido sin generar el conflicto entre la respuesta planeada y la demanda. Esto se basa principalmente en los modelos de localización de fuentes de dipolos, que adjudican a la corteza anterior del cíngulo como la estructura generadora del componente N2 (Lavric, Pizzagalli, & Forstmeier, 2004), junto con la corteza prefrontal ventrolateral y dorsolateral en la inhibición de respuestas (Morita, Nakahara, & Hayashi, 2004). Además, la evidencia provista por los estudios de neuroimagen sugieren que la corteza anterior del cíngulo monitorea el conflicto entre las tendencias de respuesta (Braver, Barch, Gray, Molfese, & Snyder, 2001).

Habiendo revisado la literatura relacionada el N2/P3 con los paradigmas Go/NoGo intentaremos integrar dicha información. Los datos del componente N2 sitúan a este componente como un equivalente de la inhibición motora, debido al número de manipulaciones experimentales que indican que es provocado cuando un conjunto de estímulos están asociados con el procesamiento de la información en conflicto aunque la respuesta tenga que ser ejecutada (Huster et al., 2012), de tal manera que se sugiere que el N2 anterior está asociado a la detección del conflicto. En relación al componente P3, la idea generalmente aceptada en la literatura de los PREs y de las tareas Go/NoGo, es que este

componente está directamente relacionado con la supresión de una respuesta motora, los resultados más consistentes proponen que la amplitud del P3 es mayor en situaciones donde se necesita una supresión o cambio de la respuesta. Sin embargo se ha señalado que este componente ocurre muy tarde para corresponder con el proceso de inhibición motora, así que se ha propuesto que puede estar más bien relacionado con un efecto secundario del proceso de inhibición, como la evaluación del desempeño inhibitorio (Huster et al., 2012).

En lo relacionado con los componentes N2 y P3 y la regulación de respuestas preferentes bajo contextos emocionales, se ha reportado que los estímulos con valencia positiva están asociados con mayores amplitudes en el componente P300 NoGo, sugiriéndose que la retención de una respuesta preferente bajo un contexto positivo es más difícil y consume mayores recursos inhibitorios que cuando se presentan estímulos con valencias negativas (Albert, López-Martín, & Carretié, 2010). La aproximación y el alejamiento forman parte de dos patrones conductuales básicos que regulan diferentes aspectos de la motivación y la emoción, es bien conocido que las emociones negativas provocan conductas de alejamiento, mientras que las emociones positivas facilitan las conductas de aproximación y le dan continuidad a la acción. Entonces, no es de sorprender que los sujetos respondan en los contextos Go más rápido ante los estímulos neutros o con valencia positiva y que después presenten mayores problemas conteniendo las respuestas en la condición NoGo con estímulos con valencia negativa. Esta perspectiva es afín con el supuesto neurocognitivo de que los estímulos entrantes provocan un cambio en la atención de tipo “top-down” y a su vez que los procesos de memoria “bottom-up” guían la organización y producción de las respuestas (Polich, 2007).

2.2 *Emoción y Control Inhibitorio*

En 1972, Charles Darwin publicó su innovador libro –La expresión de las emociones en el hombre y animales (*The Expression of the Emotions in Man and Animals*). Este libro fue la culminación de 34 años de trabajo relacionado con las emociones, y aportó dos grandes contribuciones. La primera es la idea de que las emociones en los animales son homologas a las emociones humanas. La segunda es la propuesta de un conjunto limitado de emociones básicas fundamentales entre las especies y a través de las culturas (las cuales incluyen el miedo, la ira, la sorpresa y la tristeza). Cerca de diez años después, William James, en su artículo titulado “¿Qué son las emociones?” (What is an Emotion?), controversialmente propuso que las emociones no eran más que las experiencias producto de las respuestas ante los estímulos emocionales. Aunque controversial, la principal aportación de esta teoría es el énfasis que hace en la manifestación corporal de las emociones, en especial el argumento de que los cambios corporales producidos por las emociones pueden alterar la intensidad de la experiencia emocional. En 1937, James Papez propuso un sistema o circuito neural para las emociones –conocido como el Circuito de Papez. Él propuso que las entradas sensoriales hacia el tálamo divergen en vías hacia el cerebro y otra hacia los sistemas sensoriales –separando vías del “pensamiento” y de la “emoción”. La vía del pensamiento es transmitida desde el tálamo hacia las cortezas sensoriales, especialmente a la corteza del cíngulo; a través de esta vía las sensaciones se convierten percepciones, pensamientos y recuerdos. La vía de la emoción, por otra parte, es transmitida desde el tálamo directamente a los cuerpos mamilares, permitiendo la

generación de emociones, y entonces vía el tálamo anterior, hacia la corteza del cíngulo. De acuerdo con Papez, las experiencias emocionales son una función de la actividad de la corteza del cíngulo. Un modelo neuroanatómico integrador apoyado más ampliamente, propone otras regiones cerebrales que participan en la emoción fue propuesto por MacLean en 1949, éste fue elaborado en base a las ideas de Papez, Cannon, Kluver y Bucy. En 1939, Kluver y Bucy mostraron que las lesiones bilaterales de los lóbulos temporales en monos provocaba un conjunto de características conductuales muy particulares (hoy conocido como el síndrome Kluver-Bucy) que incluían la pérdida de reactividad emocional, incremento en la conducta exploratoria, la tendencia a examinar objetos con la boca, hipersexualidad y cambios anormales en la dieta, incluyendo coprofagia. Los estudios de lesiones bilaterales de la amígdala en humanos reportan que estas son suficientes para producir oralidad, pasividad, cambios extraños en la dieta y un incremento en las tendencias exploratorias similares al síndrome de Kluver-Bucy en monos. Los primeros estudios de lesión de la amígdala en humanos mostraron que podía producir fallas en el procesamiento facial y otras señales sociales, particularmente las expresiones faciales y vocales de miedo. También se conoce su participación en la consolidación de la memoria emocional a largo plazo, así como con la modulación de otros procesos cognitivos (Anderson & Phelps, 2001). La falta de regulación emocional es una característica de una gran variedad de psicopatologías, y las respuestas de miedo disfuncionales juegan un papel muy importante en el desorden de estrés post-traumático, fobias y trastornos de pánico (Barlow, 2002).

Estos estudios demostraron el papel fundamental de los lóbulos temporales en la emoción. La idea esencial de MacLean fue que las experiencias emocionales involucran la

integración de la información sensorial del medio ambiente con la información corporal, de tal manera que los cambios del medio ambiente se traducen en cambios corporales y es en este proceso de integración donde se generan las experiencias emocionales (Dalglish, 2004). Esta perspectiva hizo eco en la hipótesis contemporánea del marcador somático, donde se propone que cuando un individuo experimenta una respuesta ante un evento emocionalmente significativo, o incluso él mismo pensamiento o recuerdo de éste, provoca reacciones corporales ante las probables consecuencias de la opción de esa respuesta (Damasio, 1995). Es precisamente ésta reacción corporal, o somática, la que marca la acción con una valencia positiva o negativa y ésta marca es la que determinará la opción de la respuesta (los marcadores somáticos negativos disminuyen la opción de la respuesta asociada, mientras que los positivos la amplifican); luego, los marcadores somáticos interactúan con la evaluación cognitiva de las posibilidades de opción de respuestas (mediadas corticalmente), dando como respuesta la selección y producción de la conducta. Así que podemos apreciar que las emociones son procesos multidimensionales con un componente cognitivo-subjetivo y otro conductual, pero que también comprenden reacciones fisiológicas que preparan al cuerpo para la acción adaptativa. Sin embargo, no está claro que existan respuestas autonómicas específicas para diferentes emociones (Alcaraz, 1993).

Las emociones pueden ser comprendidas de una manera muy general en vista de su relación con el organismo y el medio ambiente. Así que podemos identificar tres componentes básicos de la emoción: el reconocimiento/evaluación del estímulo emocional; la respuesta/expresión de la emoción (incluyendo los cambios endócrinos, autonómicos y motores); y los sentimientos (la experiencia consiente de la emoción). Sin embargo, es

importante hacer notar que la emoción es un proceso integrador, donde el reconocimiento, la experiencia y la respuesta emocional por lo general se superponen y se influyen entre sí. Las formas de la emoción siguen a las formas de su función, es decir, a medida que el miedo moviliza a un organismo para la acción, la emoción puede ser medida a través de múltiples sistemas (ej., diámetro de la pupila, cambios en el ritmo cardíaco, etc.) Las emociones pueden por lo tanto ser caracterizados en términos de la respuesta fisiológica de corta duración, de la experiencia y de las respuestas conductuales ante los estímulos externos e internos motivacionalmente. En realidad, las emociones pueden ser conceptualizadas de mejor manera en términos de la dinámica interrelacionada entre un estímulo en específico y los cambios que provoca (Hajcak et al., 2012).

Las emociones, es decir, los sentimientos y los cambios fisiológicos asociados, son un aspecto esencial de la experiencia humana, en los casos más extremos por ejemplo, algunos de los trastornos psiquiátricos más devastantes están relacionados con desordenes afectivos o emocionales de algún tipo. Nuestras emociones de la vida cotidiana son tan variadas como la alegría, sorpresa, miedo, ira o tristeza, y todas ellas comparten algunas características fundamentales. Todas las emociones están expresadas a través de cambios viscerales y respuestas motoras estereotipadas. De tal manera que la experiencia emocional tiene un poderoso efecto sobre las funciones cognitivas, incluyendo las relacionadas con la toma de decisiones que guían nuestras conductas sociales.

Las emociones afectan diversos aspectos de nuestra cognición y conducta, ya sea aumentando por una parte o disminuyendo dichos procesos, así como ejerciendo influencias a corto y a largo plazo sobre los procesos neurales y la conducta. Posiblemente como resultado de su importancia para la supervivencia de un organismo, los estímulos

emocionales tienden a capturar la atención de manera más fácil que aquellos con una valencia neutra, en consecuencia afectan de diferente manera nuestra cognición, desde un nivel de procesamiento cognitivo básico (ej., perceptual) a uno más superior (ej., la memoria o funcionamiento ejecutivo). Este aumento en el significado o valor de los estímulos emocionales puede ser benéfico para el procesamiento cognitivo (ej., una mejor memoria para los eventos emotivos), pero también puede tener un efecto perjudicial sobre la conducta (ej., un incremento de la distracción en las tareas con estímulos emocionales irrelevantes o neutros). Además, a pesar de que algunos de estos efectos pueden ser pasajeros, influyendo el procesamiento perceptual y ejecutivo durante la ejecución del proceso mismo, también puede tener efectos a largo plazo y que pueden durar de por vida (Dolcos, Iordan, & Dolcos, 2011).

La adquisición en la regulación de las emociones es uno de los procesos fundamentales en el desarrollo: la regulación adaptativa de la regulación emocional promueve en los infantes el bienestar, mientras que las dificultades para regular las emociones están relacionadas con problemas conductuales y del estado de ánimo. A pesar de que no existe una definición comúnmente aceptada de la regulación emocional, a grandes rasgos podemos decir que hace referencia a la capacidad de monitorear, evaluar y modificar la intensidad y la dinámica temporal de las reacciones emocionales (Thompson, 1994). Además, hay que agregar que dentro de las capacidades que sustentan dicha regulación emocional están el control de la atención, la toma de decisiones, y otros procesos cognitivos que se llevan a cabo durante eventos o contextos emocionalmente demandantes (Dennis, Malone, & Chen, 2009; Ramos-Loyo et al., 2009). Los estudios neurocientíficos en este campo han recibido creciente atención debido a que intentan

conocer los procesos que subyacen a la regulación emocional, y porque estos procesos de regulación y los cambios emocionales asociados a menudo están encubiertos y pueden no ser detectados conductualmente fácilmente.

Es bien conocido que los estímulos emocionales producen diversos efectos en la conducta, dependiendo de una amplia gama de factores que incluyen el tipo específico de estímulo y cómo estos se relacionan con la tarea que se está ejecutando en ese momento. Las interacciones de las funciones ejecutivas con las emociones contribuyen a la actualización de la información procesada, cambios en la conducta y la inhibición de respuestas inapropiadas bajo diferentes contextos, principalmente aquellos impredecibles, complejos y situaciones potencialmente peligrosas ante estímulos específicos hostiles (Lindström & Bohlin, 2012). De tal manera que, las funciones ejecutivas contribuyen a la flexibilidad de las respuestas ante la información novedosa, amenazante o apetitiva que tiene un valor fundamental para la supervivencia.

Si las emociones son definidas como la interacción entre los estímulos salientes motivacionales y los organismos, el estudio de las emociones en el laboratorio presenta dificultades muy particulares. El paradigma más utilizado es la evaluación de las respuestas neurales transitorias y dependientes del estímulo ante la presentación de múltiples imágenes. Los humanos somos animales visuales, así que estas pueden activar a los circuitos motivacionales que se ponen en acción durante la vida real. Consistentemente con esta posibilidad, las imágenes desencadenan cambios en la actividad del sistema nervioso central y periférico, lo que implica que las imágenes emocionales activan los sistemas motivacionales. A pesar de que las imágenes no son un estímulo perfecto, pueden provocar el mismo grado de reacción que un estímulo natural (Hajcak et al., 2012).

A pesar de que los estímulos apetitivos y aversivos pueden capturar nuestra atención y recibir un incremento en el procesamiento, priorizar los estímulos amenazantes sobre los apetitivos puede resultar benéfico para la supervivencia desde una perspectiva evolutiva. La noción de que los individuos procesan de manera preferente los estímulos aversivos comparados con los placenteros es referido como la *negativity bias* (Cacioppo et al., 1999). Muchos estudios con PREs han reportado que los estímulos aversivos comparados con los placenteros provocan mayores PREs, indicando un mayor procesamiento neural. De hecho puede haber una variación significativa en las respuestas neurales mediante los contenidos de las imágenes. Por principio, las imágenes eróticas y las de mutilaciones provocan mayores amplitudes que otras imágenes de categoría placentera y aversiva. En contraste, las imágenes de deportes que se encuentran categorizadas como placenteras provocan amplitudes que no difieren de aquellas provocadas por estímulos neutrales (Hajcak et al., 2012).

Recientemente se ha propuesto un sistema dual de competencia que describe las interacciones cognitivo-emocionales: el contenido emocional influencia tanto el control ejecutivo como el perceptual (Pessoa, 2009). Dicho impacto de la emoción sobre la cognición se ha sugerido que depende del nivel de intensidad de la información emocional. De tal manera que, los estímulos de poca intensidad facilitan la representación sensorial y por lo tanto, mejoran el desempeño conductual cuando la tarea en ejecución es relevante. En contraste, los estímulos con alto nivel de excitabilidad generalmente disminuyen el desempeño en la ejecución de una tarea, en la medida que consumen mayores recursos de procesamiento que se comparten con los cognitivos (Davidson, Putnam, & Larson, 2000).

En este sentido, se ha asumido tradicionalmente que el contenido emocional de la estimulación se define por dos dimensiones, la valencia (cuyos extremos son positivo-negativo) y la activación o *arousal* (relajante-activador). Esta estructura de ‘valencia-activación’ se denomina en ocasiones el modelo circunflejo, puesto que asume que cuando una muestra representativa de estímulos se representa con coordenadas definidas por sus puntuaciones en valencia (x) y activación (y), en el plano configurado por estos dos ejes, se distribuyen formando un círculo. El modelo circunflejo se basa en los datos obtenidos a partir del estudio semántico de los descriptores o adjetivos emocionales del lenguaje. Empleando el diferencial semántico y el análisis factorial, diversos investigadores han llegado a la conclusión de que tales descriptores se distribuyen primariamente en una dimensión de valencia que fluctúa desde el placer/atracción hasta el displacer/aversión. Con respecto a la actividad cerebral, del modelo circunflejo se derivan dos supuestos: en primer lugar, el sistema único encargado de evaluar la valencia del estímulo emocional residiría, asimismo, en un único conjunto de mecanismos y circuitos neurales, que se activaría tanto en respuesta a eventos positivos como en respuesta a eventos negativos. En segundo lugar, y puesto que los mecanismos neurales implicados serían los mismos, la capacidad de respuesta a estímulos aversivos y apetitivos –latencia e intensidad con que las estructuras neurales implicadas pueden responder– sería potencialmente equilibrada.

Las funciones ejecutivas y las emociones pueden estar interactuando en base a la competencia limitada por los recursos neurales en dos niveles: uno perceptual-atentivo y otro mediante la selección de respuestas de alto orden (Pessoa, 2009). De tal manera que las tareas con estímulos relevantes y emocionales juegan un papel importante al definir el impacto de las emociones sobre la conducta. Las representaciones que son relevantes para

la ejecución de una tarea o con características emocionales tienen mayor probabilidad de influenciar la conducta en relación con aquellas tareas con estímulos irrelevantes o no emocionales. Por lo tanto, el desempeño debería de verse incrementado si la información en la tarea es tanto relevante como emocional (Lindström & Bohlin, 2012).

Desde la perspectiva de que las respuestas emocionales tienen su base en los sistemas motivacionales de un organismo, es razonable asumir que la atención podría estar distribuyendo los estímulos que son sobresalientes motivacionalmente. Los estímulos que capturan la atención de manera eficiente tienden a ser críticos para la supervivencia, como aquellos relacionados con la reproducción o el peligro. Esta distribución de la atención preferencial ante estímulos emocionales ha sido descrita como atención motivada, de tal manera que los sistemas motivacionales se encargan de incrementar la atención ante los estímulos, facilitando la memoria, percepción y la preparación para la acción. De esta manera, la emoción y la atención estarían inextricablemente relacionados (Hajcak et al., 2012).

Desde hace mucho tiempo surgió la idea en la psicología de la competencia de recursos entre los impulsos y el auto-control. Recientemente, estos modelos de sistemas duales han recibido el apoyo de la investigación en imagenología, con importante evidencia relacionada con la conectividad fronto-subcortical y su actividad recíproca. Los modelos de regulación emocional y auto control en las adicciones comparten similitudes conceptuales. Por ejemplo, los modelos de adicción proponen que los sistemas de recompensa cerebrales están hipersensibilizados y desacoplados funcionalmente de la corteza prefrontal y su regulación. De igual manera, los modelos de regulación de las emociones sugieren que las regiones prefrontales están involucradas activamente en la regulación de las emociones,

basados en las observaciones de una relación inversa entre la corteza prefrontal y la amígdala. Los estudios en pacientes con ansiedad y trastornos de ánimo ofrecen evidencia similar acerca de la reducida conectividad funcional y estructural entre la corteza prefrontal y la amígdala (Heatherton & Wagner, 2011).

Lo que estos diferentes modelos comparten en común es la noción de que durante la regulación de la conducta exitosa, se observa un equilibrio entre las regiones prefrontales encargadas del auto control y las regiones subcorticales relacionadas con las emociones e incentivos. Como hemos mencionado anteriormente la inhibición de respuestas se define como la capacidad de suprimir los pensamientos y acciones innapropiados y es un componente muy importante de la conducta humana. Interesantemente, algunos estudios recientes sobre respuestas cerebrales hemodinámicas indican que la actividad neural relacionada con las emociones esta asociada con la inhibición de respuesta, y que constituyen un proceso dependiente y mutuamente interrelacionado (Elliott, Rubinsztein, Calderon, Dolan, & Sahakian, 2004; Schulz et al., 2009).

Este tipo de interacción esta bien reflejado en diversas regiones prefrontales, incluyendo la CPF orbitrofrontal y la corteza anterior del cíngulo. Con los datos reportados hasta entonces, se observa un incremento en la actividad de estas dos regiones cuando los sujetos inhibien sus respuestas motoras ante estímulos de alertamiento, tanto positivos como negativos y se ha observado también que la valencia influencia la actividad relacionada con la inhibición de estas estructuras, siendo los estímulos negativos los que mayor activación provocan (Shafritz, Collins, & Blumberg, 2006).

La capacidad para procesar los estímulos emocionales con cierta eficacia depende de los mecanismos neurales que facilitan la detección, identificación y procesamiento de los estímulos y situaciones que son importantes para la sobrevivencia (ej., encontrar comida, pareja o huir de un depredador). Estos mecanismos se han adaptado durante el curso evolutivo, y son continuamente modulados durante la ontogenia. A un nivel muy básico, estos mecanismos se superponen con aquellos relacionados con las respuestas de estrés, las cuales necesitan de cambios hormonales que entran en acción cuando un estímulo estresor de cualquier tipo excede los umbrales específicos (Dolcos et al., 2011).

La cognición y la emoción contribuyen en la ejecución de las conductas, y un gran número de investigaciones sustentan el hecho mediante el cual la emoción afectan las funciones cognitivas, e interesantemente, tanto la mejora como la disminución en el desempeño cognitivo a causa del procesamiento emocional ha sido observado ampliamente. En contraste, se conoce poco acerca de cómo los contenidos emocionales perjudican el desempeño cognitivo en una gran variedad de situaciones, y del impacto que tienen las emociones sobre las funciones cognitivas, especialmente las funciones ejecutivas. La investigación relacionada con la emoción se ha trasladado desde el estudio de medidas puramente subjetivas a las respuestas fisiológicas, como puede ser el caso de los autorreportes de las experiencias emocionales, ya que presentan muchos inconvenientes, principalmente cuando se asume que las emociones pueden ser accesibles de manera consciente o que la emoción es equivalente a los sentimientos, o por otro lado, las mediciones de respuesta galvánica de la piel o dilatación de la pupila.

La comprensión de los mecanismos que subyacen a estas interacciones recíprocas entre la emoción y la cognición son fundamentales para entender el funcionamiento normal,

así como los cambios asociados con los trastornos psicológicos y emocionales. Un aspecto importante a este respecto, resultan ser las diferencias individuales en la interacción emoción y cognición, así como las variaciones en la vulnerabilidad individual para desarrollar trastornos afectivos. Esta comprensión del papel de las diferencias individuales pueden brindar información de los factores que influyen la susceptibilidad para dichos trastornos, en donde el desequilibrio en las interacciones entre emociones y cognición pueden dar resultado a un gran número de efectos devastantes, como aquellos observados en la depresión y ansiedad (Dolcos et al., 2011).

En resumen, el estudio de la emoción requiere de indicadores objetivos que no dependan de la introspección. Muchas medidas psicofisiológicas son sensibles a la percepción de los estímulos emocionales, incluyendo el ritmo cardiaco, conductancia de la piel, dilatación pupilar, actividad muscular facial y respuestas hemodinámicas; sin embargo, presentan poca resolución temporal, lo cual es particularmente problemático en términos del estudio del procesamiento emocional. Los PREs, al medir directamente la actividad neural en una escala de tiempo de milisegundos son ideales para el seguimiento de la dinámica temporal de la respuesta neural ante estímulos emocionales (Hajcak et al., 2012). La investigación mediante la técnica de los PREs relacionada con el monitoreo de la acción, puede brindar datos relacionados con la evaluación heterogénea del impacto de las emociones sobre la cognición.

La interacción entre cognición y emoción con los PREs parece consistir en que los estímulos emocionales captan la atención de una manera relativamente obligatoria o de regulación tipo bottom-up. Los estímulos emocionales también influyen los procesos atencivos indirectamente mediante las interacciones top-down propias del procesamiento

del control cognitivo. Los PREs se han utilizado para examinar las formas en las cuales los contenidos emocionales de las imágenes interactúan con otros factores, incluyendo la relevancia de la tarea y las manipulaciones del significado del estímulo (Hajcak et al., 2012). La atención, memoria y percepción son algunos de los procesos que se incrementan durante el procesamiento emocional –y las variaciones de estos procesos pueden ser medidas mediante la técnica de los PREs.

Los PREs pueden brindar de medidas particularmente rápidas de los procesos cognitivos y emocionales relevantes para la regulación emocional (Banaschewsk & Brandeis, 2007). Comparados con otras técnicas como la resonancia magnética o el magnetoencefalograma, los PREs proveen de una resolución temporal en el rango de los milisegundos, de tal manera que se pueden registrar cambios rápidos en el procesamiento neural, así como procesos más lentos a lo largo del curso de varios segundos. En vista de su fácil aplicación y bajo costo en relación con otras técnicas de neurologías, estos son ampliamente recomendables para evaluar el grado de procesamiento emocional sobre un proceso cognitivo en particular, así como los recursos cognitivos para modular el procesamiento emocional y las relaciones entre la emoción y la cognición.

Sin embargo, no existe una metodología bien articulada para medir e identificar los marcadores neurales asociados con la regulación emocional. Sin embargo, la investigación hasta la fecha sugiere y propone algunos candidatos de los PREs, los cuales reflejan de alguna manera en sus amplitudes y latencias los procesos neurales asociados con la integración cognitivo-emocional, y se propone a aquellos componentes que reflejan el control atencional sobre las demandas emocionales, así como a los que expresan el procesamiento atento de los estímulos con valencia negativa. A pesar de que esta línea de

investigación esta limitada, pero en crecimiento, ha brindado de evidencia creciente y de mediciones objetivas relacionadas con la integración cognitivo-emocional de la regulación emocional, y que de alguna manera pudiera complementar las herramientas ya existentes para evaluar los riesgos existentes dentro de las psicopatologías motivo-emocionales y la eficacia de sus tratamientos.

Al evaluar la capacidad de ejecutar eficientemente las tareas cognitivas y atencionales bajo demandas emocionales podemos inferir las capacidades regulatorias que sustentan el desarrollo de la regulación emocional adaptativa. Un gran número de estudios en la población infantil relacionados con la regulación emocional han indentificado PREs relacionados con la actividad de la corteza del cíngulo, como el N200 y el ERN. Inicialmente, el N200 se interpretó que reflejaba la inhibición exitosa de las respuestas prepotentes, pero más recientemente se piensa que refleja el monitoreo de la acción y del conflicto (Nieuwenhuis et al., 2003). Esto es que se le ve implicado en las tareas que requieren del monitoreo del error de comunicación o conflicto de información en las opciones de respuesta, y se propone que refleja el grado de recursos atencivos necesarios para el control cognitivo (Botvinick et al., 2001). El componente N200 y otras negatividades frontales pudieran reflejar la activación de un mecanismo originado en la CPF medial mediante el cual la información importante motivacionalmente tenga acceso a los sistemas de control cognitivo (Potts, Martin, Burton, & Montague, 2006).

La capacidad de modular la atención y el procesamiento perceptual de los estímulos emocionales negativos pueden ser una capacidad que subyace a la regulación emocional. Estudios recientes sugieren que el componente positivo tardío (LPP, siglas en inglés de late positive potential) puede ser un marcador neural de la atención relacionada con la emoción.

El LPP refleja la atención facilitada por los estímulos emocionales, de tal manera que se observa incrementado en respuesta a los estímulos emocionales en relación con los neutros (Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer, & Lang, 2000), y se muestra disminuido después del uso de estrategias de regulación cognitivo-emocionales, como la re-evaluación, la cual reduce el impacto emocional de los estímulos aversivos (Foti & Hajcak, 2008). Una disminución en la modulación del LPP mediante la re-evaluación sugiere que la capacidad de un sujeto para re-evaluar de manera efectiva, como resultado de una estrategia de regulación emocional para disminuir el impacto negativo del estímulo displacentero, también se ve disminuido (Diniz, Dias-Pocinho, & Silva-Almeida, 2011).

Estos resultados relacionados con el LPP brindan evidencia preliminar de su función en la regulación cognitivo emocional, y representa un marcador neural de importancia clínica. Es decir, durante un procesamiento emocional incrementado en las etapas iniciales y automáticas del procesamiento emocional (las ventanas de registro inicial) pueden reflejar síntomas relacionados con el estado de ánimo; y en contraste, un procesamiento emocional más elaborado y consciente en ventanas de tiempo más tardías pueden ser más relevantes para los síntomas que involucren la regulación conductual. Estas afirmaciones son consistentes con los reportes en adultos que muestran síntomas de ansiedad asociados con la información emocional relevante en las etapas iniciales de la orientación de la atención, mientras que en las etapas finales de la atención selectiva ante información de estímulos emocionales en sujetos deprimidos se encuentra consistentemente en etapas más tardías del procesamiento atencional (con una duración del estímulo de al menos 1000 ms) (Gotlib, Krasnoperova, Yue, & Joormann, 2004).

Recientemente, existe un incremento en los datos que muestran que los mecanismos de control ejecutivo pueden estar involucrados en atenuar los efectos de las emociones (Cohen, Henik, & Moyal, 2012; Etkin, Egner, Peraza, Kandel, & Hirsch, 2006). Los problemas relacionados con las funciones ejecutivas y las emociones se han encontrado en personas que sufren de distintas psicopatologías como la depresión y la ansiedad. Las emociones son una parte esencial de nuestra vida diaria, y representan una adaptación biológica que produce respuestas corporales específicas con el objetivo de preparar al organismo para ejecutar conductas relacionadas con la supervivencia. Las conductas adaptativas en un medio ambiente fluctuante e impredecible dependen de la adecuada y flexible inhibición de respuestas preferentes, tareas cognitivas y emociones, y dependen de nuestra capacidad de reducir la influencia de la información emocional irrelevante en nuestras conductas.

Los rasgos de personalidad en los estudios de ansiedad han mostrado una gran influencia conductual y la participación de respuestas neurales involucradas en la regulación de la emoción. Estos estudios miden la respuesta favorecida por el miedo en adultos, y han mostrado que los sujetos ansiosos responden de manera exagerada en relación con los menos ansiosos (Grillon & Baas, 2003). Además, los individuos ansiosos son menos eficientes al dirigir su atención fuera de la información irrelevante emocionalmente (Bishop, Jenkins, & Lawrence, 2007). Los adultos y los niños con niveles altos de ansiedad han mostrado tener una actividad cerebral elevada en regiones asociadas con la emoción en respuesta a estímulos negativos o amenazantes comparados con los sujetos con baja ansiedad (Bishop, Duncan, & Lawrence, 2004).

El procesamiento emocional es susceptible de las influencias o del control cognitivo, y como toda conducta compleja y de alto orden involucra la interacción de los sistemas afectivos y cognitivos. La cognición, al igual que la emoción, es un fenómeno resultado de las redes neurales. No existen en las sinápsis o en las neuronas por sí mismas. Sino que, más bien, los procesos cognitivos y emocionales son el resultado de una propiedad colectiva de un gran número de elementos neurales que están interconectados en patrones muy complejos. Particularmente importante en este contexto es la capacidad de ejercer rápidamente del control cognitivo sobre la emoción, para poder así sobrellevar las distracciones emocionales, y a largo plazo, tener la capacidad de hacer frente a las respuestas emocionales resultado de recordar los eventos y memorias displacenteras. Debido a que estas estrategias de regulación emocional tienen un impacto substancial sobre la experiencia emocional de los individuos, guían los diferentes resultados conductuales, cognitivos y neurales que son una parte importante de las interacciones de la emoción y la cognición (Dolcos et al., 2011).

Los modelos de las interacciones afectivas-cognitivas inspiradas en estudios clínicos apuntan a una interacción disfuncional entre el sistema ejecutivo dorsal y el sistema ventral afectivo, y proponen que el control ejecutivo deficiente así como el aumento en la distractibilidad emocional observada en la depresión esta vinculada con la hipofunción del sistema ejecutivo dorsal y una hiperfunción de los sistemas ventrales afectivos (Drevets & Raichle, 1998). El sistema dorsal incluye a las regiones cerebrales comunmente asociadas con las funciones ejecutivas “frías”, como la CPF dorsolateral y la corteza parietal lateral, las cuales son importantes para el mantenimiento activo de la información relevante para alcanzar una meta en la memoria de trabajo; un incremento en

la actividad de estas regiones durante las tareas de memoria de trabajo es comunmente asociada con un incremento en el desempeño. El sistema ventral incluye regiones cerebrales involucradas con el procesamiento de las llamadas emociones “calientes”, como la amígdala, la CPF ventrolateral y medial (Dolcos et al., 2011).

Los recientes resultados de los correlatos neurales de la interferencia cognitiva producto de distractores emocionales en participantes sanos brindan evidencia de las interacciones entre las funciones ejecutivas frías y los sistemas emocionales calientes y que no se ven únicamente reflejados en los estados alterados, como los observados en condiciones clínicas como la depresión, sino que también pueden suceder de manera transitoria, en respuesta a los distractores emocionalmente irrelevantes propios de una tarea. En su conjunto, existe fuerte evidencia de que las consecuencias de los distractores emocionales durante la ejecución de una tarea dependen de la interacción entre los sistemas neurales que sustentan la capacidad de mantener la atención sobre la información relevante para la tarea y los sistemas involucrados en el procesamiento de la información emocional que puedan competir con los recursos de procesamiento disponibles. Posiblemente como resultado de la relevancia, los distractores emocionales puedan producir un impacto bottom-up sobre el procesamiento de la información relevante para alcanzar una meta mediante la reasignación del procesamiento de recursos y la disminución del desempeño (Dolcos et al., 2011).

Adicionalmente a estos patrones de integración que mutuamente se apoyan, las emociones y la cognición en ocasiones pueden estar actuando de manera antagónica, es decir, se observa que en momentos emocionalmente evocativos, nuestra capacidad de controlar nuestros pensamientos y conductas se ven disminuidos (Drevets & Raichle,

1998), y cuando esta regulación cognitivo emocional es requerida, las regiones neurales que sustentan el control cognitivo se reportan más activas (como la CPF), mientras que regiones relacionadas con la reactividad y procesamiento emocional, como la amígdala se observan menos activas (Urry et al., 2006). Los resultados a este respecto destacan la relación opuesta o inversa entre la emoción y la cognición como las llamadas capacidades cognitivas “frías” como la atención y algunas funciones ejecutivas al modular (usualmente reducir) las respuestas afectivas “calientes” (Ayduk et al., 2002). La suposición implícita y a menudo explícita es que por consiguiente la vía de la salud mental y emocional subyace en los procesos de control que moderan las emociones negativas. Por ejemplo, cuando las emociones son “sobre-reguladas”, se observa la misma activación neural en regiones de la CPF y una actividad incrementada en la amígdala, sugiriendo que los efectos del control cognitivo actúan en la regulación “bottom up” y “top down” de las emociones (Ochsner et al., 2004).

Desde la perspectiva de la integración cognitivo-emocional, las distinciones entre “frías vs calientes” pueden ser simplistas debido a que únicamente atribuyen el control regulatorio a la CPF y realza fuertemente las condiciones bajo las cuales las emociones deben ser “enfriadas” por los mecanismos del control cognitivo (ej., la CPF suprime la actividad de la amígdala en apoyo de la regulación emocional). Consistentemente con este punto de vista, la hipótesis de la evaluación afectiva (Luu & Tucker, 2004) argumenta que el control ejecutivo y afectivo están mutuamente regulados para poder dirigir y controlar la conducta. En particular, el modelo propone que la detección del conflicto y del error así como otras actividades intrínsecamente relacionadas con la actividad de la corteza del cíngulo incorporan puntos de ajuste o umbrales mediante los cuales su actividad es

monitoreada y estas funciones del control cognitivo son dependientes de las diferencias individuales emocionales, contextos y metas. Así que los procesos emocionales son necesarios para la regulación cognitiva. Estos puntos de vista tienen su base en los principios cibernéticos de la homeostasis, puntos de ajuste y de retroalimentación (Pribram, 1960) y es consistente con las ideas de los sistemas dinámicos (Lewis, 2005).

En vista de la fuerte interconectividad entre los lóbulos frontales y el sistema límbico, incluyendo el hipotálamo y las regiones del tallo cerebral, las representaciones de los planes de acción generados en la CPF pueden ser evaluados en términos de la significancia motivacional y afectiva provista por las redes neurales límbicas (Allman, Hakeem, Erwin, Nimchinsky, & Hof, 2001). Así, los centros de procesamiento emocional generan expectativas y umbrales de evaluación que son críticos para la retroalimentación durante el monitoreo de la acción (Dennis, 2010). Un punto de vista unificador de las funciones cognitivas mediadas prefrontalmente, sin que tome en cuenta el papel de los puntos de ajuste para generar planes y acciones, estará limitado debido a que solo considera una parte del control regulatorio. Esta limitación se vuelve más evidente cuanto consideramos las psicopatologías afectivas donde la regulación emocional es clave del trastorno. Son muchas las estructuras cerebrales que actualmente se propone que participan en el procesamiento cognitivo-emocional, tales como el estriado ventral, ganglios basales, amígdala, hipotálamo, corteza del cíngulo y corteza prefrontal principalmente. Otras áreas cerebrales también han sido implicadas, como el tálamo, núcleo accumbens, septum, ínsula, hipocampo, corteza somatosensorial y tallo cerebral. Sin embargo, resultan ser de particular importancia la amígdala, el hipotálamo, la corteza del cíngulo y la corteza prefrontal (Bush, Luu, & Posner, 2000).

La regulación de la emoción incluye a todos aquellos procesos que de alguna manera amplifican, atenúan o mantienen una emoción. Tales mecanismos ofrecen una explicación neurobiológica de la capacidad de los animales para aprender a tener respuestas emocionales ante los objetos, eventos u otros que inicialmente no provocarían tal respuesta. La regulación de las emociones está sustentada por los sistemas neurales involucrados en la reactividad emocional, control cognitivo y las relaciones entre ambos sistemas. Un sistema ventral está asociado con el alertamiento emocional y los procesos motivacionales, e incluye las regiones límbicas, del tallo cerebral así como las estructuras mediales y orbitofrontales de la CPF. Este sistema es sensible a la información que es motivacionalmente significativa y lleva a cabo procesos rápidos y automáticos de evaluación y regulación. En contraste, un sistema dorsal sustenta procesos que requieren de mayores recursos neurales, como las funciones ejecutivas de regulación de la atención y control cognitivo e incluyen las áreas dorsolaterales y mediales de la CPF (Dennis, 2010). Una estructura que se suma a estos dos sistemas es la corteza anterior del cíngulo, la cual participa como intermediaria entre las funciones de las redes ventrales y dorsales y por lo tanto es una estructura clave en las interacciones entre la emoción y la cognición así como con la regulación emocional, está activa durante las tareas de monitoreo de conflictos, en tareas con contenido emocional y durante la regulación de emociones e inhibición de respuestas, y en vista de su participación en estas funciones, resulta ser fundamental en la regulación emocional adaptativa necesaria para una regulación conductual flexible y coordinada, integradora con la información emocional y ejecutiva (Luu & Tucker, 2004).

Recientemente, ha sido ampliamente aceptado el hecho de que las emociones proveen de información esencial para llevar a cabo procesos cognitivos superiores, como la

toma de decisiones. Inicialmente se tomaron en cuenta los problemas asociados con la toma de decisiones en pacientes con lesiones en la CPF ventromedial, surgiendo la hipótesis del marcador somático que argumentaba que la toma de decisiones es un proceso moldeado por múltiples factores, no solo cognitivos, sino que también está relacionado con la retroalimentación somática y con la relevancia motivo-emocional de los estímulos (Damasio, 1995). Esta hipótesis sobresalta la contribución de la amígdala y la CPF ventromedial como componentes de una red neural que es esencial en la toma de decisiones y en las conductas morales. Sin embargo, las contribuciones de estas estructuras son a diferentes niveles, a pesar de que ambas participan en la integración de información exteroceptiva e interoceptiva somática/emocional, la amígdala es crítica para el procesamiento de inductores primarios mientras que la CPF orbitofrontal procesa inductores secundarios (Bechara, Damasio, & Damasio, 2003).

El grado de acoplamiento o sincronización entre la amígdala y la CPF se ha correlacionado con los niveles de ansiedad en adultos, de tal manera que los sujetos con mayor nivel de sincronización presentan menor grado de ansiedad, reflejando la importancia de las interacciones amígdala-corteza prefrontal en la regulación de las emociones (Hare et al., 2008). Estos estudios han desembocado en la propuesta de modelos de regulación emocional top-down, donde la amígdala y regiones límbicas son reguladas por la corteza prefrontal lateral. Se reportan dos grandes vías: una vía fronto-estriatal asociada con el éxito en la regulación emocional y una fronto-amigdalárica asociada con niveles de regulación menos eficientes (Wager, Davidson, Hughes, Lindquist, & Ochsner, 2008).

En los últimos años, la amígdala ha resultado ser un área cerebral fundamental en el circuito que modula el procesamiento de la valencia de los estímulos. Debido a sus amplias proyecciones con áreas corticales de procesamiento sensorial, incluyendo vías directas hacia las áreas visuales corticales, como la corteza visual primaria, se ha sugerido que la amígdala puede ser la fuente de la modulación de la actividad provocada por los estímulos emocionales. Los estudios de correlación interhemisférica de la amígdala con otras estructuras, sugieren un incremento en la correlación cuando se atiende a los estímulos. Dicha modulación emocional puede ser llevada a cabo en dos vías. Primero, podría depender de la retroalimentación directa entre la amígdala y las regiones del procesamiento visual. Alternativamente, la amígdala podría modular la actividad de estas áreas de procesamiento por medio de sus proyecciones con las áreas frontales que controlan la distribución de los recursos atencivos. Uno de tales sitios es la CPF dorsolateral, junto con la corteza anterior del cíngulo y el giro frontal inferior, el cual está involucrado en la atención así como en la integración de la información cognitivo-emocional. Finalmente, a pesar de que hemos hecho énfasis en el papel de la amígdala para asignar una valencia al estímulo, varias regiones cerebrales, incluyendo la CPF orbitofrontal y ventromedial, pueden funcionar junto con la amígdala para determinar el significado social y conductual del estímulo entrante. En suma, todas estas regiones podrían contribuir con recursos adicionales para llevar a cabo la regulación emocional (Pessoa, Kastner, & Ungerleider, 2002). Las proyecciones corticales hacia la amígdala se originan en las capas superiores de la corteza y terminan en las interneuronas amígdalinas inhibitorias, y en contraste, las proyecciones de la amígdala terminan en las capas más posteriores de la CPF. Así que la amígdala está situada de tal manera que brinda influencia directa sobre las salidas

corticales, mientras que ésta última modula la respuesta de la amígdala mediante conexiones inhibitorias (Hariri, Mattay, Tessitore, Fera, & Weinberger, 2003).

Por otra parte, está la propuesta del papel de la CPF orbitofrontal en el aprendizaje de los estímulos con valor motivo-emocional (Rolls, 1999), específicamente, se sugiere que las regiones de la CPF trabajan en conjunto con la amígdala para aprender y representar las relaciones entre los estímulos y las recompensas como la comida, bebida o sexo. Como ya lo hemos mencionado anteriormente, otra propuesta es la de los marcadores somáticos, los cuales son cambios en la actividad del sistema nervioso autónomo que etiquetan los estímulos emocionales previos. De tal manera que los códigos somáticos son procesados por la CPF ventromedial, facilitando que los individuos se desenvuelvan a través de situaciones inciertas donde se necesitan tomar decisiones en base a las propiedades de los estímulos emocionales (Damasio, 1995). Otros han propuesto que las regiones de la corteza prefrontal (así como la corteza del cíngulo) envían señales a otras partes del cerebro para guiar las conductas de una manera más adaptada a los objetivos en curso; es decir, a menudo las opciones conductuales están en peligro de ser influenciadas por las consecuencias afectivas inmediatas de una situación en particular, promoviendo y facilitando la ejecución de las metas en cara de una fuerte competencia entre las alternativas conductuales que están asociadas a las consecuencias emocionales inmediatas (Davidson & Irwin, 1999). El trabajo de Damasio y colaboradores ha brindado evidencia relacionada con la función de la CPF en la regulación e integración de las emociones. De manera conjunta, sus estudios con pacientes con lesiones cerebrales muy localizadas han sustentado el papel de la amígdala en el procesamiento perceptual y autonómico de los estímulos emocionales,

y la evaluación y manipulación adaptativa de estos mismos estímulos por la CPF (Hariri et al., 2003).

En cuanto al papel de la corteza del cíngulo se le ha atribuido una función integradora de la información visceral, atenta y emocional que es crucial para la regulación de la emoción y otras formas de control top-down (Davidson y cols., 2000). También se ha sugerido que es el sustrato de la experiencia consciente de la emoción y de la representación del alertamiento autonómico. Generalmente se ha conceptualizado en términos de una subdivisión dorsal cognitiva y una rostro-ventral afectiva (Phan, Wager, Taylor, & Liberzon, 2002). La subdivisión afectiva se activa ante una gran variedad de estímulos emocionales, y actualmente se sugiere que monitorea el conflicto entre los estados funcionales del organismo y la nueva información que tiene consecuencias potencialmente afectivas o motivacionales. Cuando tales conflictos son detectados, la corteza del cíngulo envía información acerca del conflicto a la CPF (Bush et al., 2000).

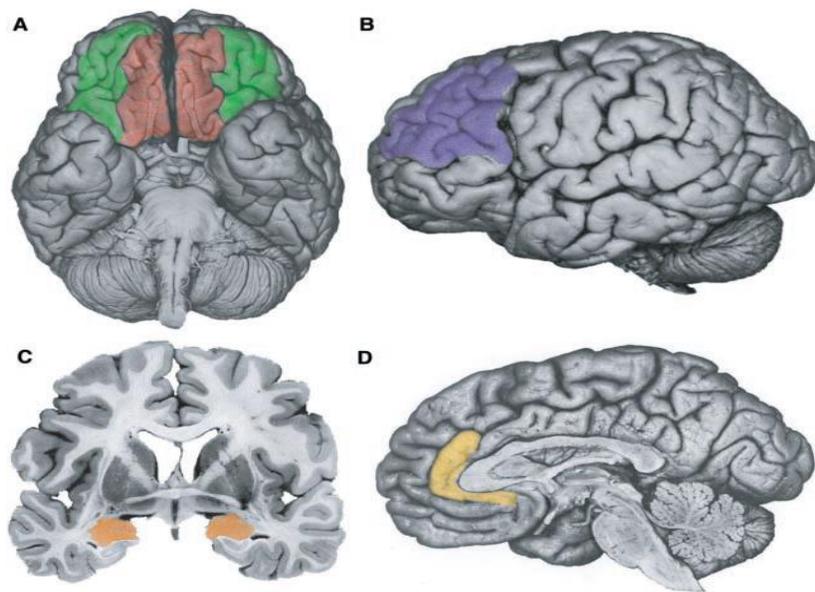


Fig. 3. Estructuras clave relacionadas con la regulación de las emociones. (A) Corteza prefrontal orbitofrontal en verde y ventromedial en rojo. (B) Corteza prefrontal dorsolateral. (C) Amígdala. (D) Corteza anterior del cíngulo. Cada una de estas estructuras interconectadas participa en diferentes aspectos de la regulación emocional, y las anomalías en una o varias de estas estructuras y/o en sus conexiones entre ellas están asociadas con fallas en la regulación de las emociones así como en el incremento en la inclinación a la conducta impulsiva, agresiva y violenta.

Comprender los mecanismos mediante los cuales la cognición afecta la emoción ha sido el foco de interés de un campo de investigación relativamente reciente, interesado en las bases del control cognitivo sobre la emoción (o la regulación de la emoción), el cual es un mecanismo importante que se pone en marcha ante los estresores emocionales. A pesar de los progresos recientes en la identificación de los correlatos neurales de la regulación emocional, permanecen varias preguntas sin contestar. De entre estas sobresale el papel que los diferentes tipos de control emocional y sus correlatos neurales. La mayoría de la investigación en la regulación de emociones se ha enfocado en la regulación conciente/deliberada, como la re-evaluación (Kim & Hamann, 2007), supresión (Jackson et al., 2003) y la distracción cognitiva (Levesque et al., 2003). Un gran número de evidencia muestra que las formas deliberadas de regulación emocional involucran ampliamente a la CPF, especialmente la región ventrolateral, dorsomedial y el giro frontal superior (Dolcos et al., 2011).

En lo relacionado con la regulación de las emociones, dos grandes estrategias sobresalen, la supresión y la re-evaluación. La supresión se considera como una estrategia enfocada en la respuesta en donde las personas inhiben el despliegue emocional. La re-evaluación, por otra parte, es considerada como un estrategia enfocada en lo interno, donde las personas cambian el significado del estímulo (Cohen et al., 2012). Dentro de las evidencias relacionadas con el funcionamiento ejecutivo en la regulación de las respuestas emocionales, se encuentran los estudios que emplearon la prueba de Stroop emocional para examinar los efectos de un distractor emocional sobre un objetivo emocional (Etkin et al., 2006). Por lo tanto, los procesos que monitorean el conflicto y que son puramente cognitivos juegan un papel muy importante en la disminución de los efectos conductuales ocasionados por la información emocional irrelevante. Cuando se presentan los estímulos emocionalmente irrelevantes y los neutros antes de una tarea, se observan menores tiempos de reacción en las pruebas que fueron precedidas por estímulos emocionales comparados con las pruebas con estímulos neutros (Buodo, Sarlo, & Palomba, 2002). Este decremento en los conflictos emocionales se atribuyen a las conexiones entre las áreas cerebrales que se conoce están relacionadas con el monitoreo de conflictos (corteza del cíngulo) y las áreas emocionales del cerebro (amígdala) (Cohen et al., 2012).

Este efecto es llamado interferencia emocional y se le atribuye un procesamiento preferencial de la información emocional como parte de una respuesta de adaptación (LeDoux, 1995). La interferencia emocional disminuye después de una activación del control ejecutivo, y se han encontrado relaciones muy interesantes entre estos dos mecanismos (Etkin et al., 2006). Por otra parte esto se ha visto reflejado en la observación de una menor activación en regiones relacionadas con las emociones (en particular la

amígdala) y un incremento en las regiones del control ejecutivo (como la corteza prefrontal y la corteza del cíngulo anterior) (Mitchell et al., 2008). Integrando estos resultados se fortalece la idea de que las funciones ejecutivas pueden ser responsables de los efectos de la disminución emocional bajo situaciones conflictivas (Cohen et al., 2012).

Para poder ejercer una influencia sobre las etapas iniciales del procesamiento cognitivo y sus consecuencias a largo plazo, la información emocional tiene que provocar un impacto sobre otros procesos cognitivos de orden superior, como la memoria de trabajo y la toma de decisiones, las cuales son fundamentales en las funciones ejecutivas. La memoria de trabajo participa en el mantenimiento activo y la manipulación de la información relevante para ejecutar una tarea; mantener la información emocional en la memoria de trabajo puede ser uno de los mecanismos que contribuyen en la intensificación de los efectos de la emoción sobre la memoria a largo plazo (Dolcos et al., 2004). El principal objetivo de realizar estudios de PREs y emoción no consiste únicamente en preguntarse si los estímulos emocionales difieren de aquellos neutros. Más bien, consisten en establecer si los componentes de los PREs pueden ser utilizados como medidas independientes para establecer conclusiones relacionadas con procesos psicológicos más generales. En base a lo anterior, consideramos que los resultados planteados previamente están sustentados en base a contestar preguntas relacionadas con las interacciones entre la atención, emoción y cognición, así como las diferencias individuales y los procesos de neurodesarrollo.

Se ha señalado a las funciones ejecutivas como un sistema director que facilita el uso de las funciones mentales, para el control de las múltiples tareas de la vida diaria (Klenberg et al., 2001). Así que se han relacionado con la capacidad de solucionar

adecuadamente problemas novedosos y con la autorregulación de la conducta para actuar de manera socialmente adaptativa en la vida cotidiana. De tal manera que se ha planteado que la evaluación a través de pruebas neuropsicológicas puede ser limitada e incompleta, existiendo la necesidad de realizar evaluaciones con mayor validez ecológica relacionadas con las demandas del mundo real.

2ª PARTE: ESTUDIO EXPERIMENTAL

3. Planteamiento general del problema de la investigación

El rendimiento académico resulta ser una puerta de entrada hacia muchas de las opciones importantes en la vida de un estudiante y además, será este un factor determinante a tomar en cuenta relacionado con el futuro profesional del mismo. En general, el rendimiento académico se refiere al nivel de logro o éxito que se puede alcanzar en una o varias asignaturas y se señala que no es el producto de una única capacidad, sino el resultado sintético y multicausal de una serie de factores. Desde la perspectiva operativa del término y en el contexto de educación superior se le define como la “nota o calificación media obtenida durante el periodo universitario que cada alumno haya cursado”.

128

Así, dependiendo de la óptica con que se abordan diferentes investigaciones se identifican diferentes factores explicativos del rendimiento académico. Las variables cognitivas han mostrado explicar gran parte de la varianza en el éxito académico y de particular interés para nosotros resulta el del control inhibitorio, ya que forma parte del funcionamiento ejecutivo y es primordial para la regulación conductual y emocional. Los estudios de actividad eléctrica cerebral e inhibición sugieren que los individuos que son mejores en el monitoreo de su desempeño y que emplean mecanismos de control cognitivo cuando son necesarios, disfrutan de mayores satisfacciones y éxitos en los programas académicos, en vista de que la capacidad para suprimir acciones que no son relevantes o que son inapropiadas es una función clave que tiene repercusiones directas sobre el rendimiento académico.

En lo referente a los estudios relacionados con PREs y rendimiento académico la literatura es escasa. Los estudios sugieren que el control de las funciones ejecutivas sobre la memoria de trabajo, la detección de errores y la inhibición de respuestas están relacionadas con el aprendizaje en el ambiente escolar, y son consistentes con los reportes de la influencia del control ejecutivo sobre el rendimiento académico.

En un estudio se utilizó una tarea Go/NoGo para evaluar el componente P3 en niños preadolescentes, y correlacionar su amplitud con el rendimiento académico evaluado individualmente en las tareas de lectura, deletreo y aritmética. Los autores concluyen que el P3 representa un indicador neuroeléctrico de la distribución de la atención en servicio del proceso de lecto-comprensión, que una amplitud mayor refleja una mejor capacidad de actualización, lo cual se puede relacionar con un mejor desempeño académico en las habilidades de lectura. En lo relacionado con el desempeño aritmético, la relación se encontró en los procesos inhibitorios, con incrementos significativos en la amplitud del NoGo P3. En otro estudio se observaron diferencias individuales en la amplitud del componente negativo relacionado con el error (ERN) en una tarea de tipo Stroop con el rendimiento académico en estudiantes de nivel medio superior. Ellos reportan que las mayores amplitudes del ERN observadas después de cometer errores están relacionadas con un mejor rendimiento académico y reflejan un incremento en la capacidad de monitorear el desempeño y activar los mecanismos de control ejecutivo en apoyo al desempeño académico.

Con base a la información presentada previamente se plantean las siguientes preguntas de investigación para el siguiente trabajo:

¿Existe una relación entre la amplitud y latencia de los componentes N2/P3 con el rendimiento académico?

¿Se observará una relación entre el rendimiento académico y el desempeño conductual en una tarea de inhibición de respuestas bajo contextos emocionales?

¿De qué manera se relaciona el rendimiento académico otro tipo de variables como la inteligencia y la impulsividad?

3.1 *Objetivos e Hipótesis de la Investigación*

Objetivo general

1. Identificar la relación del rendimiento académico y la amplitud y latencia de los potenciales relacionados a eventos N2 y P3 durante la ejecución de una tarea de tipo Go/NoGo emocional en estudiantes de nivel superior.

Hipótesis general

H. Se observará una correlación positiva entre el rendimiento académico y la amplitud y latencia de los potenciales relacionados a eventos N2/P3 durante el desempeño en una tarea de inhibición de respuestas preferentes bajo un contexto emocional.

131

Objetivos e hipótesis específicas

- 1.1** Identificar la correlación entre el rendimiento académico con la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3 durante la ejecución de una tarea de inhibición de respuestas preferentes con contexto emocional (placentero y displacentero) y no emocional (neutro y sin contexto).
H1. *El rendimiento académico estará correlacionado positivamente con la amplitud y latencia de los potenciales relacionados a eventos N2 y P3 durante la inhibición de*

respuestas preferentes bajo la influencia del contexto emocional (placentero y displacentero) y no emocional (neutro y sin contexto).

1.2 Evaluar el efecto de los contextos emocionales durante la ejecución de una tarea de inhibición de respuestas preferentes sobre la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3 y el desempeño conductual.

H2. *Los contextos emocionales durante la ejecución de una tarea de inhibición de respuestas preferentes tendrán un efecto sobre la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3 y sobre el desempeño conductual.*

1.3 Identificar si hay una relación entre el rendimiento académico y las variables de inteligencia e impulsividad.

H3. *El rendimiento académico estará correlacionado positivamente con las variables de inteligencia e impulsividad.*

3.2 *Metodología*

Debido a las características de la muestra y al problema de la investigación, se trata de un estudio de tipo cuantitativo, descriptivo y correlacional en vista de que se tiene como propósito medir el grado de relación que existe entre dos o más conceptos o variables. La presente investigación es un estudio en la cual no se tiene control directo sobre las variables independientes, porque ya acontecieron sus manifestaciones o por ser no manipulables. Se hacen inferencias sobre las relaciones entre ellas, sin intervención directa, a partir de la variación concomitante de las variables independientes y dependientes. Asimismo el estudio es correlacional, en virtud de que se interesa por las condiciones o relaciones existentes entre variables.

En esta investigación se analizaron los potenciales relacionados a eventos bajo un paradigma de tipo Go/NoGo en la que se evalúa la inhibición de respuestas preferentes con un contexto emocional en estudiantes de educación superior. A su vez, en la parte conductual, se aplicaron pruebas para evaluar el nivel de ansiedad, de depresión, de impulsividad e inteligencia.

3.3 *Participantes*

La selección de la muestra se hizo de una forma no probabilística, es decir, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra (Hernández, 1998). De esta forma, se seleccionaron alumnos del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) pertenecientes a las licenciaturas de Biología, Veterinaria y Agronomía. Los alumnos que decidieron participar de manera voluntaria fueron citados en las instalaciones del Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara para el registro electroencefalográfico y evaluación por medio de la aplicación de las pruebas y escalas psicológicas. La muestra fue conformada por jóvenes adultos alumnos de educación superior, que cursaban el 3º y 6º semestre de licenciatura, se conformó la muestra con aquellos alumnos que voluntariamente decidieron participar una vez que se les explicaron los objetivos de la investigación y las generalidades del proyecto. El proceso de registro y evaluación fue individual; los estudiantes escogieron su horario de conveniencia según su disponibilidad de tiempo. Para evaluar a los estudiantes se utilizó un protocolo que incluyó, en una única sesión, una entrevista estructurada para obtener la historia clínica del sujeto, así como indagar de manera general aspectos de su vida familiar, académica y personal. Los estudiantes firmaron una carta de consentimiento informado y el proyecto se realizó conforme a las **normas éticas de Helsinki**.

3.4 *Estrategia metodológica*

Muestra (n= 22): Entrevista e historia clínica

Indicadores del rendimiento académico (PG, PEP, PAA, PA)

Escala de impulsividad Barratt (BIS-11C) (Barratt & Slaughter, 1998)

WAIS-III Subescalas de cubos y vocabulario (Estimación CI) (Wechsler et al., 1997)

Registro EEG

Paradigma Go/NoGo en 4 contextos

135

Análisis de resultados

PREs: Amplitud y latencia de los componentes N2/P3.

Conductuales: Go: respuestas correctas, tiempo de reacción, errores de omisión.

NoGo: inhibiciones correctas.

Escalas: cociente intelectual, nivel de impulsividad.

3.5 *Criterios de inclusión*

- Sexo masculino.
- Edad entre 19 y 31 años.
- Que estén cursando entre 3º y 6º semestre de licenciatura.

3.6 *Criterios de no inclusión*

- Padecimiento de enfermedad neurológica o psicopatológica.
- Consumo de sustancias que afecten el funcionamiento del sistema nervioso central.

3.7 *Criterios de exclusión*

- Abandono voluntario del proceso evaluativo.
- Que presente problemas en el registro del EEG.

3.8 *Materiales*

Los materiales utilizados para la evaluación psicológica fueron los siguientes:

- Escala de impulsividad Barratt (BIS-11C) (Barratt & Slaughter, 1998).
- WAIS-III Subescalas de cubos y vocabulario (Estimación CI) (Wechsler et al., 1997).

Los materiales utilizados como indicadores del rendimiento académico fueron los siguientes:

- El promedio de la escuela preparatoria de procedencia, el puntaje obtenido en la prueba de aptitud académica College Board, el puntaje de admisión a la universidad y el promedio general actual de la licenciatura.

3.9 *Descripción de los materiales utilizados*

La historia clínica es una herramienta que permite acceder a la historia personal del sujeto y así, obtener datos de interés para su participación en el estudio, así como sus

antecedentes pre y post natales, escolaridad, enfermedades hereditarias, padecimientos actuales, contextos sociales y consumo de sustancias.

Para obtener la información relacionada con el rendimiento académico de los participantes, se procedió a obtener los datos académicos de los alumnos relacionados con el promedio de la escuela preparatoria de procedencia (PEP), el puntaje obtenido en la prueba de aptitud académica College Board (PAA), el puntaje de admisión a la universidad (PA) y su promedio general actual de la licenciatura (PG). Dicha información fue proporcionada por el departamento de control escolar del centro universitario de procedencia de los participantes con previo consentimiento de estos últimos.

La Prueba de Aptitud Académica del College Board (PAA) de Puerto Rico, se aplica como requisito de admisión a estudios de educación superior en la Universidad de Guadalajara. El College Board es una organización sin fines de lucro que elabora pruebas y cuyo ámbito de actuación abarca los Estados Unidos. El College Board tiene su sede en la Ciudad de Nueva York, fue establecido en 1900 y hoy comprende 5.400 escuelas, universidades y otras instituciones educativas. Este examen o Prueba de Aptitud Académica sirve a las instituciones educativas para poder seleccionar a los alumnos que hayan obtenido los mejores resultados en dicha prueba (Baum & Payea, 2005). La prueba de aptitud académica en educación superior tiene dos componentes: razonamiento verbal y razonamiento matemático (40 reactivos de opción múltiple en cada área), con un tiempo asignado para cada parte. Los ejercicios de razonamiento verbal miden el nivel de desarrollo de la habilidad verbal del estudiante, esto es, su capacidad para utilizar material verbal mediante la interpretación de la lectura (desde la comprensión del texto hasta el análisis de las ideas fundamentales). Además, se examinan la comprensión del significado

de las palabras dentro de un contexto y el razonamiento analógico. Hay tres tipos de ejercicios en las partes de razonamiento verbal de la prueba de aptitud académica: los de oraciones para completar el sentido, los de lectura crítica y los de analogías. Los ejercicios de razonamiento matemático miden la habilidad para procesar, analizar y utilizar información en la aritmética, el álgebra y la geometría. En las secciones de matemáticas de la prueba de aptitud académica se evalúa el razonamiento matemático del estudiante, mediante ejercicios en los que se requiere la aplicación de operaciones numéricas, gráficas espaciales, simbólicas y lógicas, a situaciones conocidas por el alumno. Las secciones de matemáticas de la prueba contienen tres tipos de ejercicios:

- Ejercicios convencionales de selección múltiple con cinco opciones.
- Ejercicios de comparación de expresiones matemáticas con cuatro opciones.
- Ejercicios para resolver y suplir la respuesta.

Pruebas psicológicas

La escala Wechsler de inteligencia para adultos tercera edición WAIS-III (Wechsler, 1997) es de utilidad para obtener un cociente intelectual breve que sirve como indicador de las capacidades intelectuales del sujeto. Para la obtención de dicho cociente breve se utilizó la prueba de diseño con cubos y la de vocabulario, diada que ha reportado mejores resultados en estudios de investigación, alcanzando una correlación con la escala completa $r=.90$ (Sattler, 1982). Estas pruebas evalúan el razonamiento verbal, organización visual y ejecución visomotora y son ampliamente utilizadas para obtener una estimación del cociente intelectual. Cabe mencionar que dicha diada sólo fue utilizada en este experimento como una variable dependiente, es decir, no se utilizó como criterio de inclusión.

La escala de impulsividad de Barratt BIS-11C (2000) es un autorreporte diseñado para evaluar la impulsividad (Barratt & Slaughter, 1998). Está conformado por 30 reactivos, se puntúa de acuerdo a una escala de Likert de frecuencia de 4 grados. La escala permite segmentar la impulsividad cognitiva, impulsividad motora e impulsividad no planeada: en el presente estudio tomamos en cuenta la puntuación total, así como los resultados de las tres sub-escalas ya mencionadas.

Estímulos emocionales

Los estímulos emocionales fueron tomados del sistema internacional de imágenes afectivas (International Affective Picture System, IAPS) (Lang, Bradley, & Cuthbert, 2008) el cual consiste en más de 1000 ejemplares de experiencias humanas –alegría, tristeza, miedo, enojo, amenazantes, atractivas, repulsivas, gente vestida y desnuda; casas, objetos de arte, objetos caseros; casas; parejas eróticas; funerales, contaminación, sanitarios sucios, paisajes, eventos deportivos, fotoperiodismo de guerra y desastres naturales, tratamientos médicos, pacientes enfermos, cuerpos mutilados, insectos, entre otros –un mundo virtual en imágenes. A pesar de las imágenes varían ampliamente en cuanto a su contenido semántico, estas fueron seleccionadas en base a un estudio piloto, seleccionando aquellas imágenes cuyo contenido se presentara dentro de las categorías semánticas de “aventura” y “eróticas” dada su capacidad para provocar reacciones emocionales en hombres, mientras que las displacenteras consistieron en escenas violentas y que provocan asco. Para el diseño del contexto neutro, se utilizaron las mismas imágenes seleccionadas previamente pero se pixelearon y reorganizaron aleatoriamente, cuidando de no alterar el brillo ni el contraste, de tal manera que los estímulos mantuvieron las mismas características. Para el presente estudio se utilizaron 30 estímulos placenteros y 30 displacenteros. Los estímulos neutros se

obtuvieron a partir de una segmentación de las imágenes del IAPS y una reorganización aleatoria de manera que dicho estímulo carezca de un contenido emocional. Los estímulos sin contexto son imágenes con fondo blanco.

Tarea experimental

El estímulo consistió en una flecha situada al centro de la pantalla, apuntando hacia la derecha o hacia la izquierda, mientras que a uno de los lados se encuentra una barra de color. Se combinan los colores verde y rojo, mientras que las imágenes afectivas se utilizan como fondo del estímulo, de esta forma las imágenes constituyeron un factor distractor del estímulo objetivo, lo que nos permitió evaluar la inhibición de información emocionalmente atractiva pero no relevante para el desempeño de la tarea. La tarea experimental tuvo una duración de 6 min aproximadamente, cada estímulo se presentó durante 300 ms en el centro de la pantalla con un intervalo inter-estímulo de 1200 ms. Se registraron los indicadores conductuales como el número de respuestas correctas, errores de omisión, tiempos de reacción e inhibiciones correctas de cada estímulo.

Se presentaron 4 bloques contrabalanceados de 240 ensayos las cuales varían en la valencia del estímulo: sin contexto, neutro, placentero y displacentero. La tarea constó de 180 estímulos (75%) para la condición Go y 60 estímulos NoGo (25%). Después de cada bloque, los sujetos tuvieron un pequeño descanso. La tarea se presentó sobre la base de un paradigma tipo Go/NoGo, en la que se requiere que el sujeto emita una respuesta ante determinadas condiciones e inhiba su respuesta ante otras. Se enfatizó la importancia tanto de la rapidez como de la precisión de la respuesta. Los sujetos debían fijar sus ojos en la pantalla y responder a los estímulos con la presión de una tecla del ordenador. Previamente

a la ejecución de la tarea se hicieron ensayos de entrenamiento para asegurarse de que el sujeto hubiera comprendido las instrucciones y fuera capaz de realizarla.

Las instrucciones para la tarea experimental fueron las siguientes:

“En el centro de la pantalla aparecerá una flecha al centro y una barra a uno de los lados. Si la flecha señala a la barra y ambas son del mismo color, debes presionar la barra espaciadora del teclado; pero si son de diferente color y/o la flecha no señala a la barra no debes responder. Trata de responder lo mejor más pronto posible”.

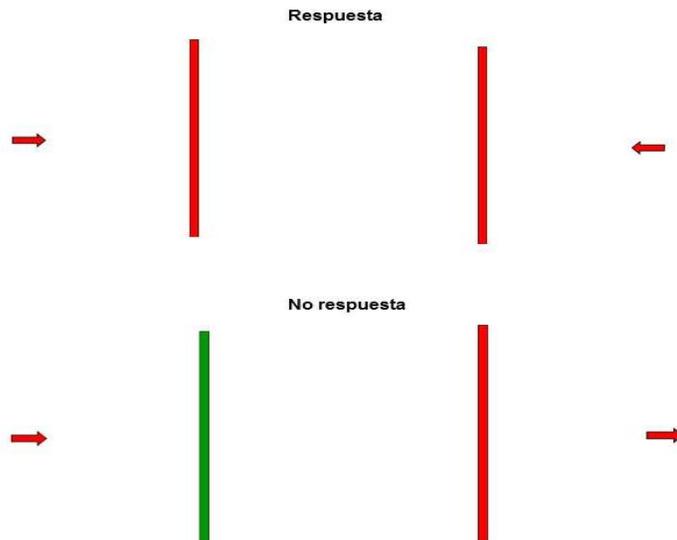


Fig. 4. Ejemplo de la instrucción para la tarea Go/NoGo.

Las flechas y las barras se presentaron en 2 colores distintos: verde y rojo, las cuales fueron colocadas estratégicamente sobre los estímulos sin contexto, neutros, placenteros y displacenteros de manera que hicieran contraste suficiente con el fondo para facilitar su percepción.

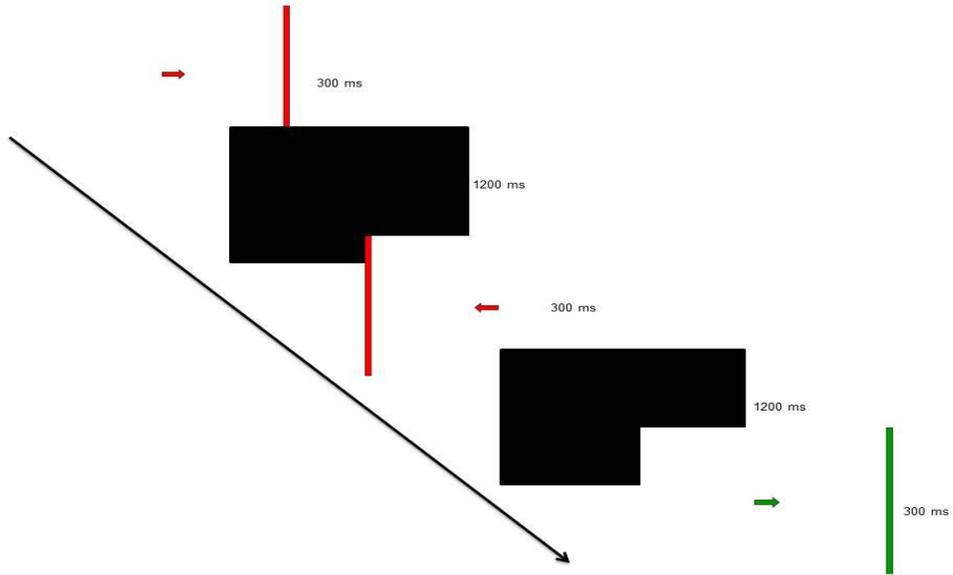


Fig. 5. Secuencia de estímulos sin contexto de la tarea Go/NoGo.

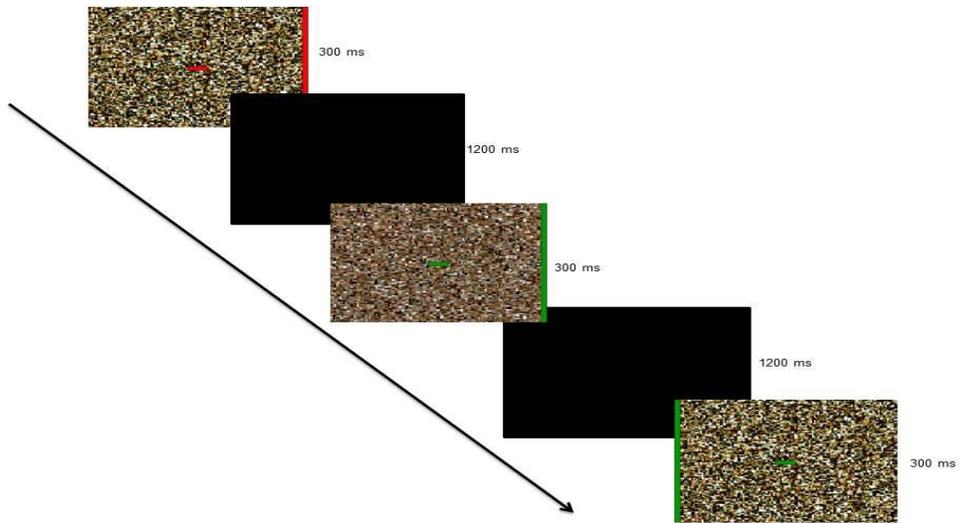


Fig. 6. Secuencia de estímulos neutros de la tarea Go/NoGo.

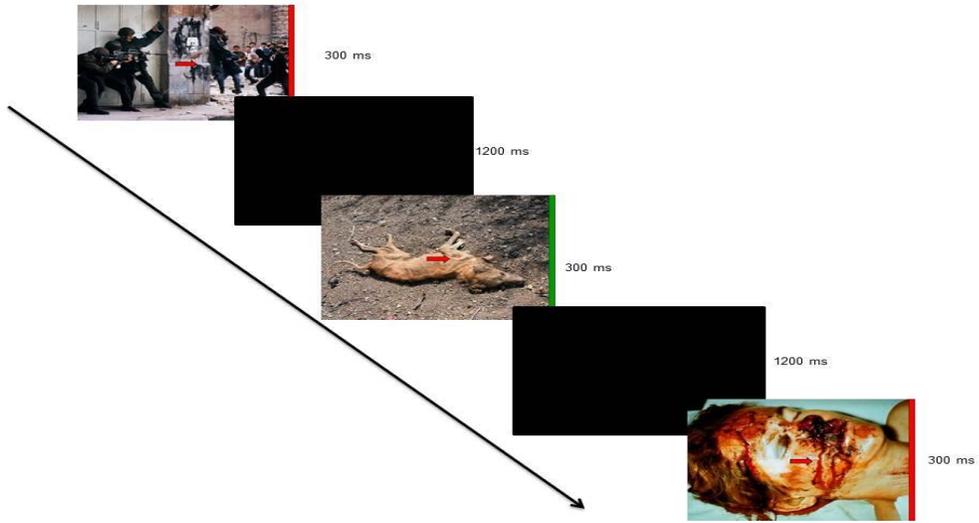


Fig. 7. Secuencia de estímulos displacenteros de la tarea Go/NoGo.

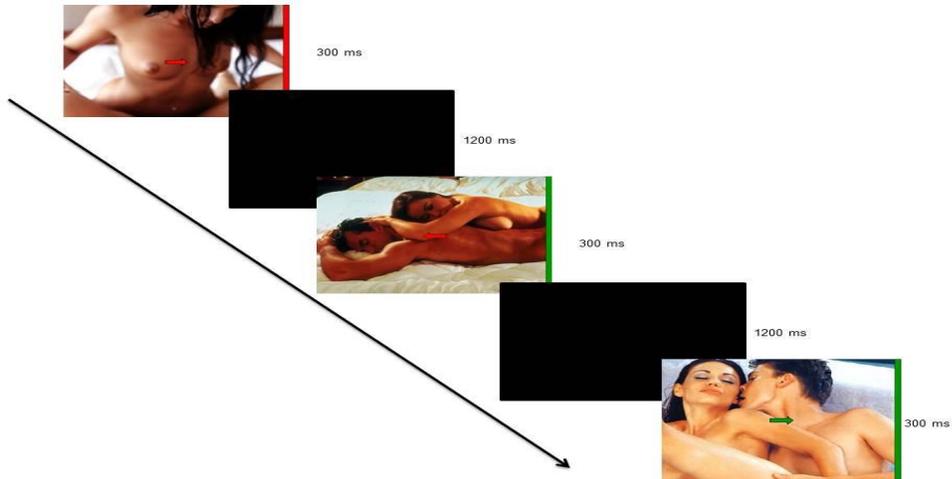


Fig. 8. Secuencia de estímulos placenteros de la tarea Go/NoGo.

3.10 Procedimiento del Registro Electroencefalográfico

Previo al registro, se presentaron por escrito las instrucciones y se realizó un ensayo antes de la presentación de los bloques experimentales. El registro de la actividad eléctrica cerebral (EEG) se llevó a cabo mientras los participantes realizaban una tarea de inhibición de una respuesta preferente con un contexto emocional con el paradigma Go/NoGo presentada en una computadora situada a 60 cm. Los participantes se sentaron en una silla confortable, en un cuarto ligeramente iluminado. El EEG se registró en las siguientes 19 derivaciones: Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, Fz, Cz y Pz, acorde al Sistema Internacional 10-20. El análisis estadístico únicamente se llevó a cabo en las derivaciones correspondientes a la línea central media Fz, Cz y Pz ya que son los sitios en los que se presenta de manera más clara los PREs N2 y P3. Sin embargo, el registro de las demás derivaciones nos permite identificar que exista una distribución adecuada de los PREs con una morfología particular dependiente de la región.

Se utilizó una referencia cortocircuitada a las orejas, además de dos electrodos libres en el canto superior externo derecho e inferior externo izquierdo de los ojos para la detección de movimientos oculares para el control de artefactos. La impedancia de cada electrodo fue menor a 5 k Ω . La frecuencia de muestreo fue de 500 Hz en un convertidor analógico digital y se le aplicó un filtro pasa altas de 0.5 Hz y uno pasa bajas de 50 Hz, con un muestreo de 5 ms en el sistema MEDICID-054. Previo al registro del EEG en las condiciones experimentales, se registró una línea base de 1 min con ojos cerrados y 1 min con ojos abiertos.

Una vez terminado el registro experimental del EEG se realizó la selección de segmentos de actividad eléctrica cerebral sincronizados temporalmente con la aparición de cada estímulo. Estos segmentos seleccionados estuvieron libres de movimientos oculares, parpadeo, ajustes de postura y artefactos en general. Cada ventana de análisis fue de 100 ms pre-estímulo y 900 ms post-estímulo, teniendo una duración total de la ventana de 1000 ms y con los segmentos libres de artefactos se obtuvieron los PREs individuales únicamente de las respuestas e inhibiciones correctas por separado. A partir de los datos obtenidos individualmente se obtuvo el promedio por condición para obtener los componentes N2 y P3. Con la inspección visual de los PREs para cada condición se obtuvieron la amplitud y latencia de los componentes para cada individuo y condición experimental.

Se promediaron un total de 20 ± 2 ventanas, por cada uno de los sujetos y en cada una de las condiciones, todo esto se realizó con el programa de análisis de Psicofisiología de Neuronic. La corrección de la línea base fue determinada con el promedio de la actividad electroencefalográfica de 1000 ms previos al estímulo, para después con estos datos poder realizar el análisis de las amplitudes y latencias de los potenciales. La señal se filtró dejando las frecuencias entre los 0.5 y 16 Hz, para obtener los PREs en cada una de las 19 derivaciones registradas. Se obtuvieron los valores de la amplitud y latencia en las derivaciones Fz, Cz y Pz tomando los picos que estuvieran entre los 180 y 300 ms para el N2 y 300-600 ms para el P3. Se realizó el gran promedio de los PREs.

3.11 *Análisis Estadístico*

Para el análisis de los datos conductuales de la tarea, se utilizó un ANOVA de diseño de medidas repetidas de un factor: contextos emocionales (sin contexto, neutro, placentero, displacentero). Para el análisis de los valores de amplitud y latencia de los PREs se utilizó un ANOVA de medidas repetidas de 2 factores 4x3: contextos emocionales y derivaciones (Fz, Cz, Pz) de manera independiente para cada tipo de ensayo (Go y NoGo).

Se realizó un análisis de correlación bivariado (Pearson) entre los distintos puntajes asociados al rendimiento académico (el promedio general del alumno hasta la fecha de la participación, el puntaje de la prueba de aptitud académica, el puntaje de admisión y el promedio de la escuela de procedencia) para corroborar que dichos indicadores están relacionados entre sí. Posteriormente, se realizó un análisis de correlación entre los puntajes del rendimiento académico con los datos obtenidos en la escala de impulsividad Barratt y con las sub-escalas de cubos y vocabulario del WAIS-III.

También se realizó un análisis similar entre los puntajes del rendimiento académico y el desempeño conductual obtenido en la ejecución de la tarea de inhibición de respuestas preferentes bajo un contexto emocional (inhibiciones correctas, errores de omisión y tiempo de reacción) y un análisis de correlación y regresión lineal entre los indicadores del rendimiento académico y los datos de la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3 en los electrodos de la línea media Fz, Cz y Pz.

4. Resultados

La muestra estuvo conformada por 26 participantes, de los cuales 4 fueron descartados por tener un electroencefalograma con artefactos y pocos segmentos con inhibiciones correctas. En total 22 participantes adultos, con una edad entre 19 y 31 años cumplieron con los criterios de inclusión ($\bar{x}= 22.27$, $DE=0.53$).

Inicialmente, se describirán los resultados encontrados en la ejecución y los PREs entre los distintos contextos de la tarea Go-NoGo y posteriormente, se presentarán las correlaciones significativas entre el rendimiento académico y las demás variables de estudio: CI, nivel de impulsividad, ejecución conductual y amplitud y latencia de los PREs.

4.1 Resultados del Rendimiento Académico

Se encontraron significativas entre los distintos puntajes que representan el rendimiento académico: entre el Puntaje de Admisión (PA) y el Promedio General (PG) (.49*), el Puntaje de Admisión y el Promedio de la escuela Preparatoria de Procedencia (PEP) (.60**), el Puntaje de Admisión y el Puntaje de la Prueba de Aptitud Académica (PAA) (.92**), entre el Promedio General y el Promedio de la escuela Preparatoria de Procedencia (.58**).

4.2 *Resultados de las Escalas*

No se encontraron correlaciones significativas entre los puntajes del rendimiento académico utilizados y las sub-escalas del WAIS-III.

No se encontraron correlaciones significativas entre los puntajes del rendimiento académico y la impulsividad total de Barratt en ninguna de las tres sub-escalas cognitiva, motora y no planeada.

Se encontraron correlaciones significativas entre las sub-escalas del WAIS-III y la impulsividad total ($r=-.48^*$) y la sub-escala motora ($r=-.69^{**}$).

4.3 *Diferencias entre Contextos*

Medidas conductuales:

No hubo diferencias significativas entre contextos en las respuestas correctas Go ($F_{(3,60)}=3.29, p=.98, \eta^2=.05$) (Fig. 10), en las inhibiciones correctas ($F_{(3,60)}=1.67, p=.18, \eta^2=.41$) (Fig. 11) ni en los errores de omisión ($F_{(3,60)}=.185, p=.90, \eta^2=.08$).

Hubo diferencias significativas entre contextos en los tiempos de reacción ($F_{(3,60)}=5.13, p=.003, \eta^2=.90$), observándose un mayor tiempo durante el contexto displacentero en relación a la tarea sin contexto ($p=.02$) (Fig. 12).

Hubo diferencias significativas en los errores de comisión ($F_{(3,60)}=6.85, p=.0001, \eta^2=.97$), la tarea sin contexto presentó menos errores en relación con el contexto displacentero ($p=.01$), placentero ($p=.04$) y neutro ($p=.01$).

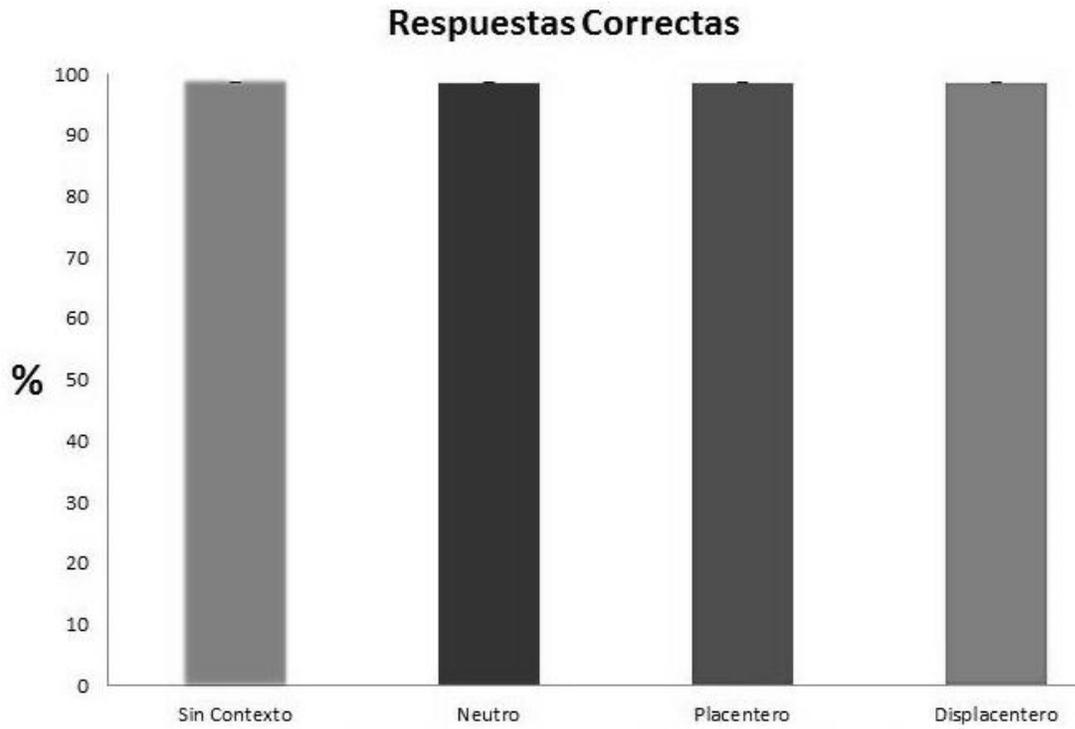


Figura 10.- Media y error estándar de las respuestas correctas Go entre contextos.

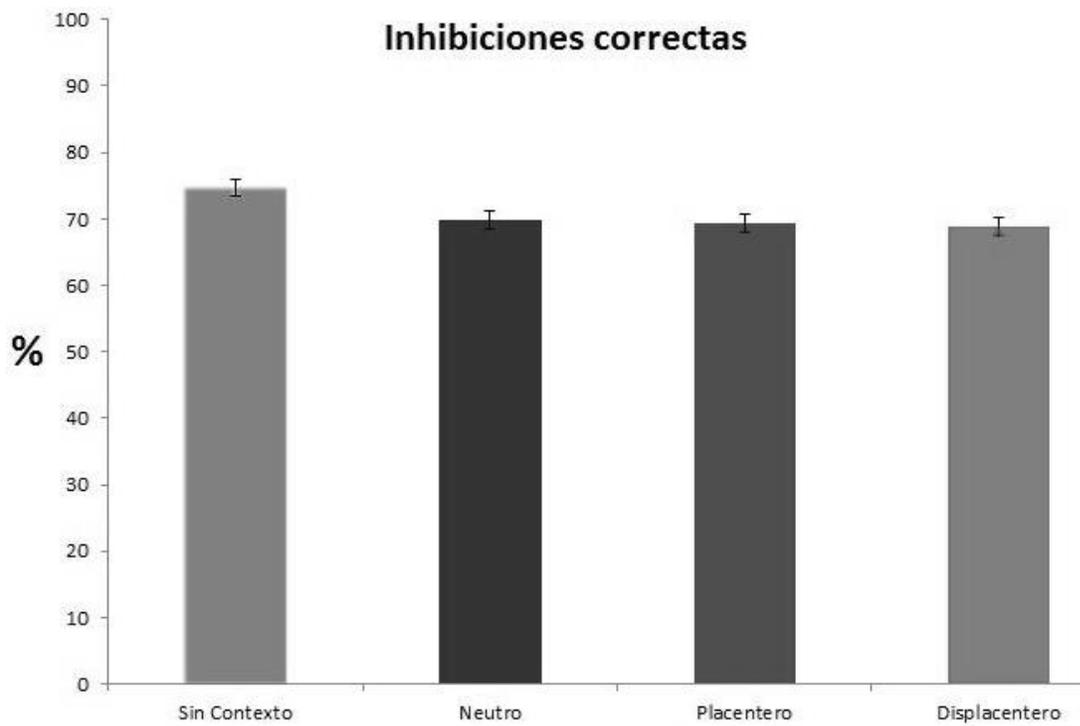


Figura 11.- Media y error estándar de las inhibiciones correctas entre contextos.

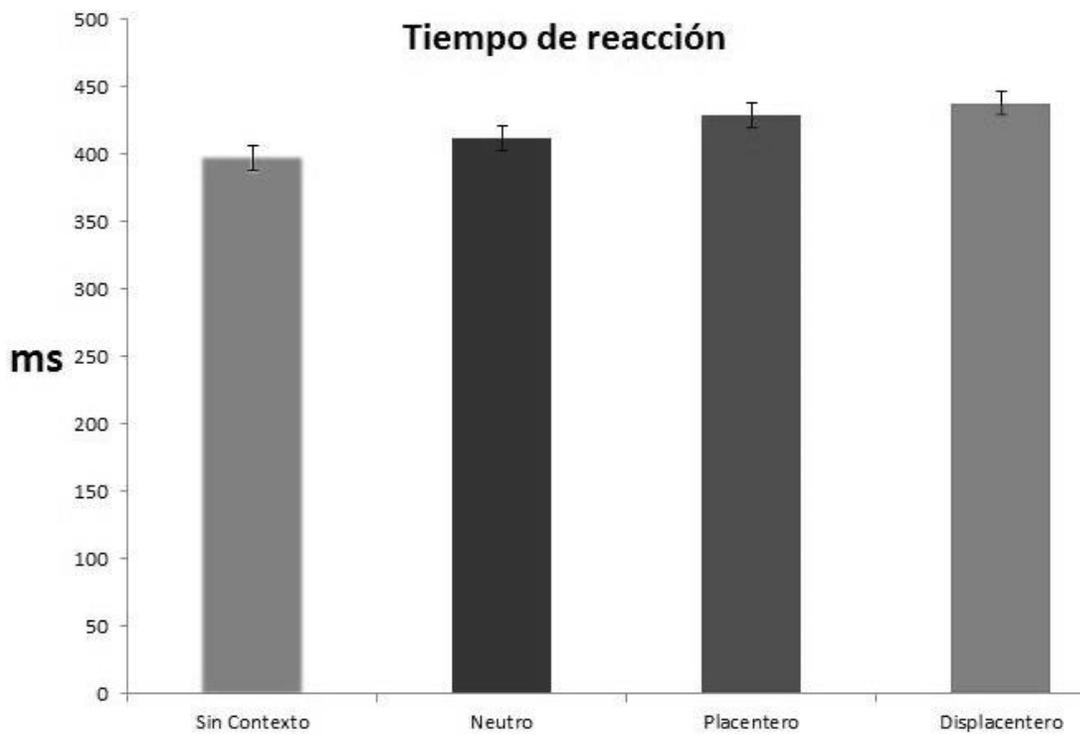


Figura 12.- Media y error estándar del tiempo de reacción entre contextos.

4.4 *Correlación entre el Rendimiento Académico y Ejecución Conductual*

No hubo correlaciones significativas entre los puntajes del rendimiento académico (promedio general PG, promedio de la escuela de procedencia PEP, puntaje en la prueba de aptitud académica PAA y el puntaje de admisión PA) y el número de respuestas correctas, las inhibiciones correctas y los tiempos de reacción en ninguna de las condiciones y contextos durante la ejecución de la tarea de inhibición de respuestas.

4.5 *Resultados Electrofisiológicos*

En la inspección visual de los grandes promedios de los PREs se puede observar el complejo formado por los componentes N2 y P3 en todos los electrodos de registro, principalmente en los electrodos de la línea media (central Cz, frontal Fz y parietal Pz) los cuales han sido ampliamente relacionados con los procesos de inhibición de respuestas. Inicialmente, en la condición Go (respuestas) se identifica una deflexión negativa (N2), mostrándose con mayor amplitud para los contextos emocionales (placentero y displacentero) en relación con las tareas neutras y sin contexto Go (Fig. 12). Estos aumentos en la amplitud son seguidos de un componente positivo (P3) en todos los sitios del registro, siendo más evidente el pico positivo para las condiciones sin contexto y

neutras en las respuestas en relación con las condiciones emocionales (displacentera y placentera), dichas diferencias visuales se muestran mejor definidas en los electrodos fronto-centrales.

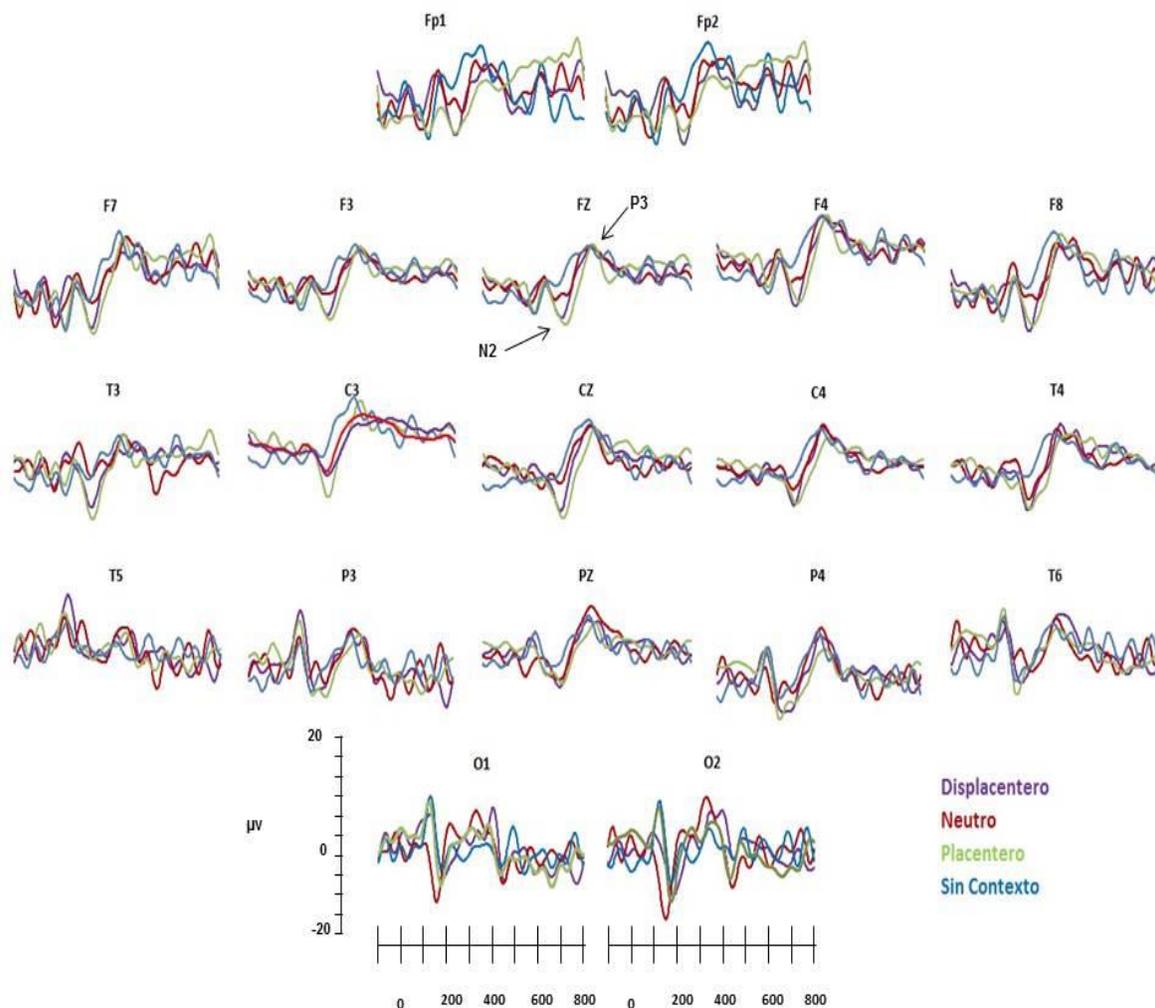


Figura 12. Gran promedio de los potenciales relacionados a eventos obtenidos durante las respuestas correctas Go entre contextos (sin contexto color azul, neutro color rojo, placentero verde, displacentero morado) en los 19 electrodos de registro. Los componentes N2 y P3 están señalados con una flecha electrodo fronto-central Fz.

Por otra parte, en las respuestas NoGo (inhibiciones correctas) se observa una mayor amplitud (N2) en los contextos emocionales (placentero y displacentero) en relación

con los contextos neutros y sin contexto. Las inhibiciones correctas (respuestas NoGo) generaron mayores amplitudes (P3) en los contextos emocionales en relación con los contextos neutros y sin contexto, siendo más evidentes dichas diferencias visuales en los electrodos frontocentrales (Fig. 13). Por último, se observa un componente positivo tardío (LPP) en los electrodos prefrontales, en particular en el contexto placentero para las respuestas Go (Fig. 12), y NoGo (Fig. 13). Las figuras 14 y 15 muestran las diferencias obtenidas en la amplitud y latencia del componente N2 mientras que las figuras 16 y 17 muestran las diferencias obtenidas en la amplitud y latencia del componente P3 en los electrodos de la línea media (Fz, Cz y Pz).

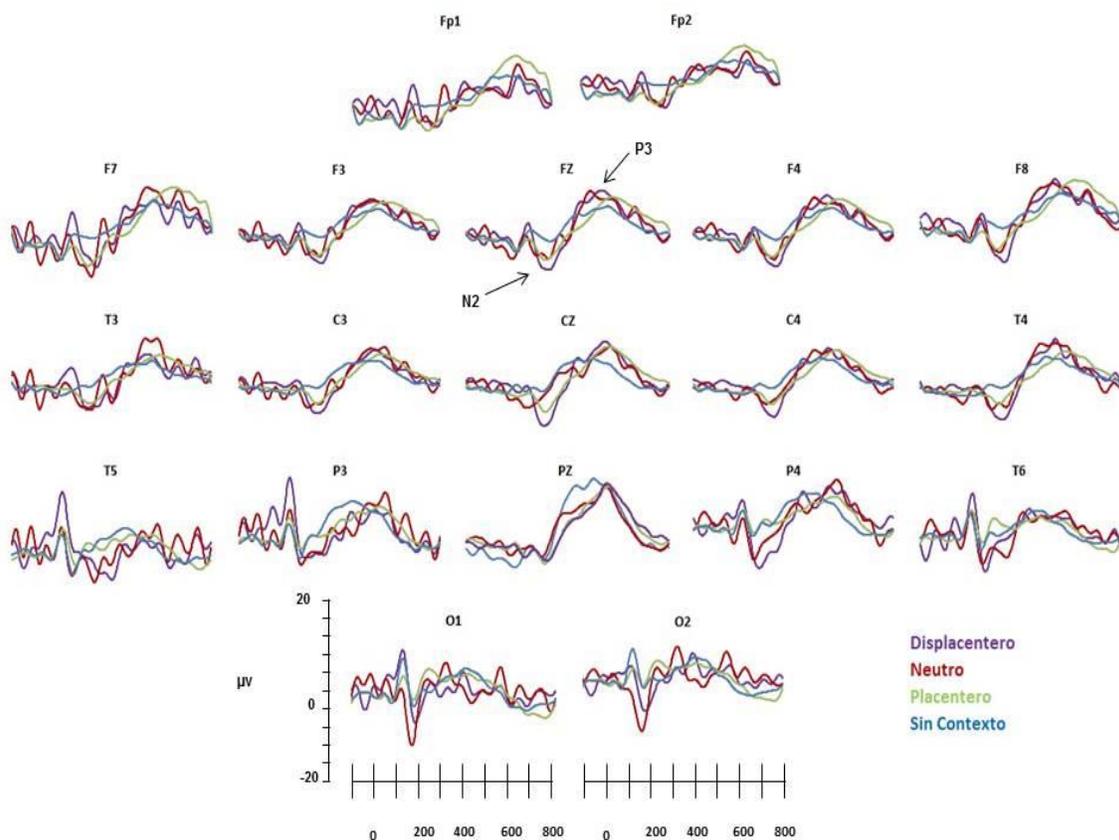


Figura 13. Gran promedio de los potenciales relacionados a eventos obtenidos durante las respuestas correctas NoGo (Inhibiciones) entre contextos (sin contexto color azul, neutro color rojo, placentero verde, displacentero morado) en los 19 electrodos de registro. Los componentes N2/P3 están señalados con una flecha en el electrodo fronto-central Fz.

Diferencias entre los contextos y condiciones Go y NoGo

Componente N2

Se encontraron diferencias significativas entre contextos en la amplitud del N2 Go ($F_{(3,60)}=20.8, p=.0001, \eta^2=.51$), en donde el contexto displacentero tuvo una mayor amplitud en relación con los demás contextos (displacentero > sin contexto $p \leq .0001$; displacentero > neutro $p \leq .003$; displacentero > placentero $p \leq .01$). La tarea sin contexto tuvo una amplitud menor en relación con el contexto neutro ($p=.004$) y placentero ($p=.001$) (Fig. 14).

Se encontraron diferencias significativas entre contextos en la amplitud del N2 NoGo ($F_{(3,60)}=14.8, p=.0001, \eta^2=.42$), la tarea sin contexto tuvo menor amplitud en relación con el contexto neutro ($p=.005$), el placentero ($p=.001$) y displacentero ($p=.0001$) (Fig.14).

Amplitud N2

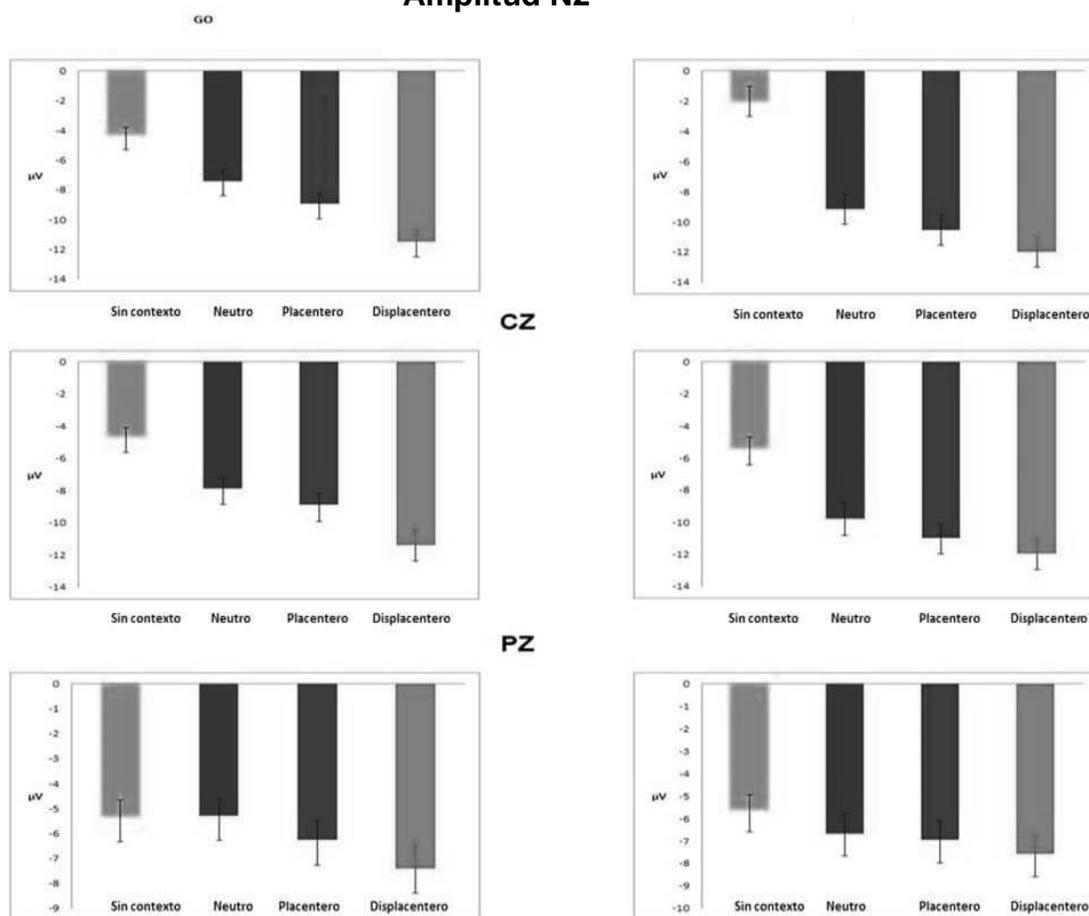


Figura 14. Media y error estándar de la amplitud del componente N2 en los electrodos de la línea media (Fz, Cz y Pz) obtenidos durante las respuestas correctas Go y NoGo (Inhibiciones) durante las tareas sin contexto, neutro y contexto placentero y displacentero.

Se encontraron diferencias significativas entre contextos en la latencia del N2 Go ($F_{(3,60)}=2.21, p=.09, \eta^2=.1$); el contexto neutro tuvo una mayor latencia en relación con el contexto placentero ($p=.02$) (Fig. 15). No se encontraron diferencias significativas entre contextos en la latencia del N2 NoGo ($F_{(3,60)}=1.92, p=.13, \eta^2=.08$) (Fig. 15).

Latencia N2

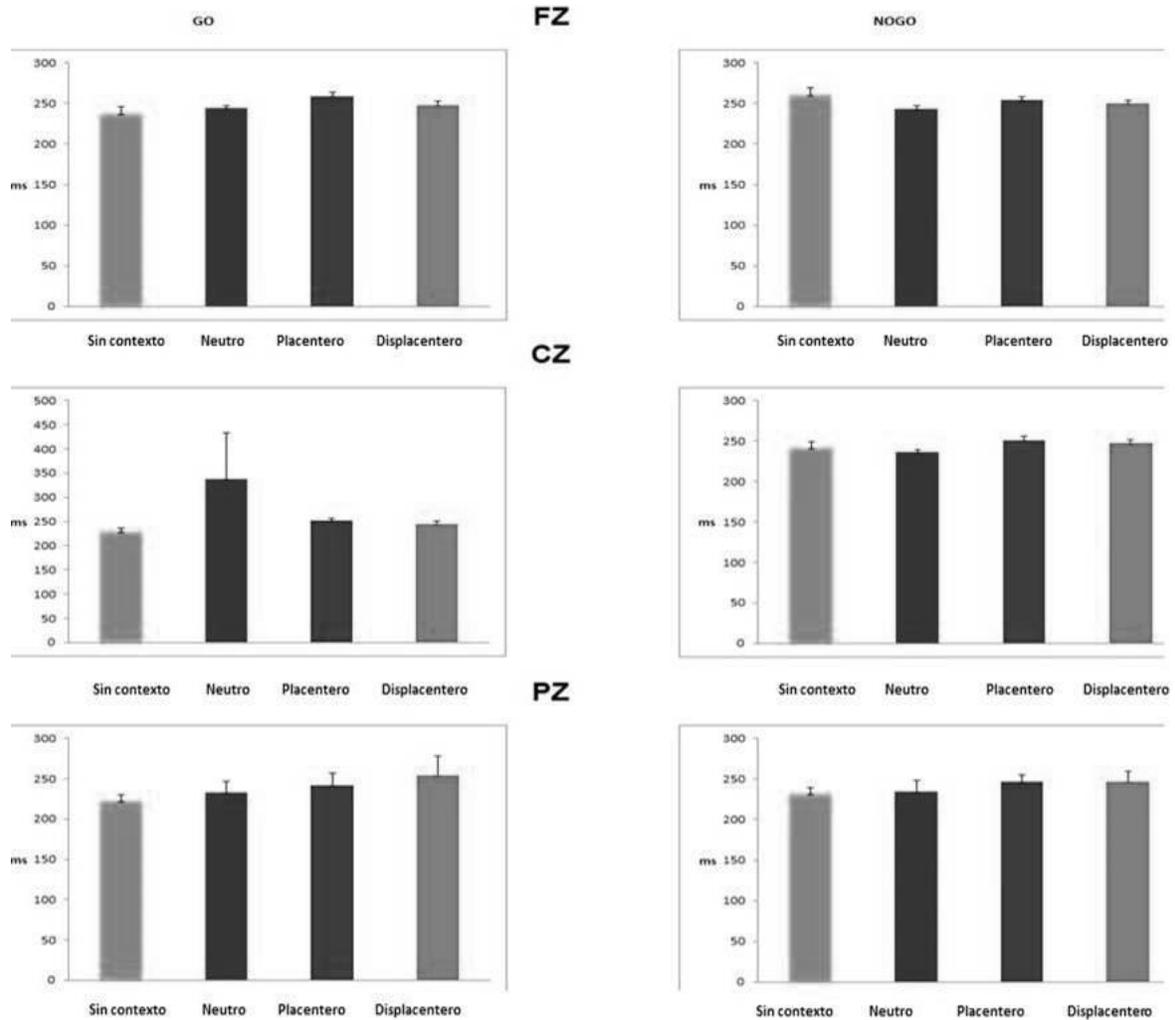


Figura 15. Media y error estándar de la latencia del componente N2 en los electrodos de la línea media (frontal Fz, central Cz y parietal Pz) obtenidos durante las respuestas correctas Go e inhibiciones NoGo durante la tarea sin contexto, neutro, placentero y displacentero.

Componente P3

Se encontraron diferencias significativas entre contextos en la amplitud del P3 Go ($F_{(3,60)}=14.94, p=.0001, \eta^2=.42$), el contexto displacentero tuvo una mayor amplitud en relación con los demás contextos (displacentero > Sin contexto $p \leq .001$; displacentero > neutro $p \leq .0001$; displacentero > placentero $p \leq .0001$) (Fig. 16). No se encontraron

diferencias significativas entre contextos en la amplitud del P3 NoGo ($F_{(3,60)}=2.85, p=.04, \eta^2=.12$) (Fig.16).

Amplitud P3

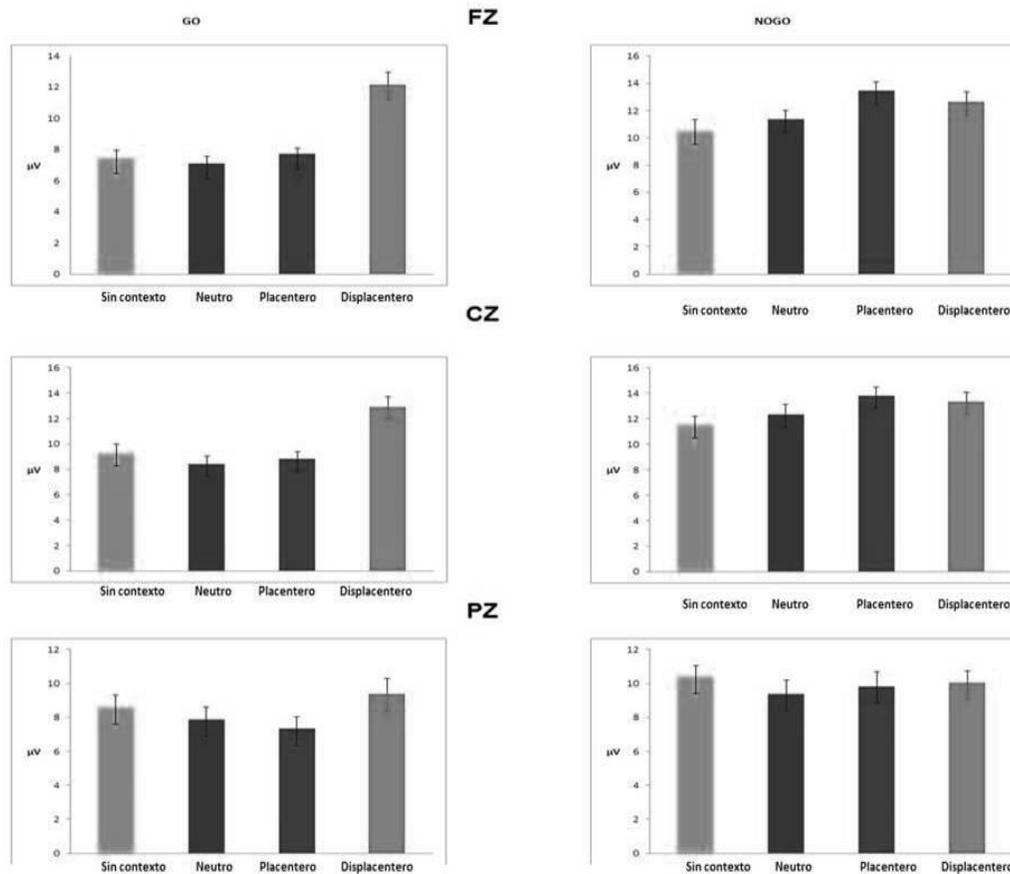


Figura 16. Media y error estándar de la amplitud del componente P3 en los electrodos de la línea media ((frontal Fz, central Cz y parietal Pz) obtenidos durante las respuestas correctas Go e inhibiciones NoGo durante las tareas sin contexto, neutro,placentero y displacentero.

Se encontraron diferencias significativas entre contextos en la latencia del P3 Go ($F_{(3,60)}=30.06, p=.0001, \eta^2=.64$), el contexto displacentero tuvo una mayor latencia en relación con los demás contextos (displacentero > sin contexto $p \leq .0001$; displacentero > neutro $p \leq .0001$; displacentero > placentero $p \leq .019$). La tarea sin contexto tiene una latencia menor

en relación con la condición neutro ($p=.03$) y placentero ($p=.0001$). El contexto neutro tiene una latencia menor en relación con el contexto placentero ($p=.02$) (Fig. 17).

Se encontraron diferencias significativas entre contextos en la latencia del P3 NoGo ($F_{(3,60)}=8.74$, $p=.0001$, $\eta^2=.3$), el contexto displacentero tuvo una mayor latencia que la tarea sin contexto ($p=.001$), el contexto placentero tuvo una mayor latencia que la tarea sin contexto ($p=.0001$) y el contexto neutro ($p=.01$) (Fig. 17).

Latencia P3

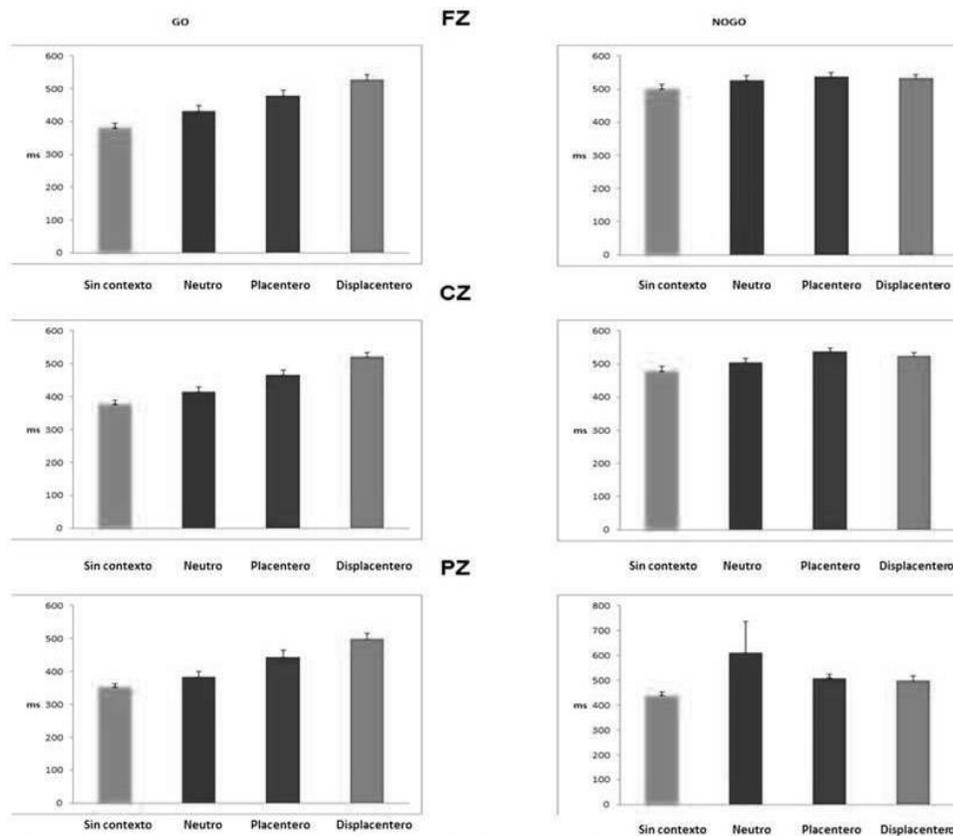


Figura 17. Media y error estándar de la latencia del componente P3 en los electrodos de la línea media (frontal Fz, central Cz y parietal Pz) obtenidos durante las respuestas Go e inhibiciones NoGo durante las tareas sin contexto, neutro, placentero y displacentero.

Diferencias entre derivaciones y condiciones Go y NoGo

Se encontraron diferencias significativas entre derivaciones en la amplitud del N2 Go ($F_{(2,40)}=28.99$, $p=.0001$, $\eta^2=.59$), la amplitud de electrodo frontal Fz fue mayor que el electrodo parietal Pz ($p=.0001$) mientras que el electrodo central Cz fue mayor en relación con el electrodo parietal Pz ($p=.0001$). No encontramos diferencias significativas entre derivaciones en la latencia del N2 Go ($F_{(2,40)}=.84$, $p=.43$, $\eta^2=.04$).

Se encontraron diferencias significativas en la amplitud del P3 Go ($F_{(2,40)}=6.70$, $p=.003$, $\eta^2=.25$): el electrodo central Cz tiene mayor que el electrodo frontal Fz ($p=.028$) mientras que el electrodo central Cz fue mayor que el electrodo parietal Pz ($p=.0001$). Se encontraron diferencias significativas en la latencia del P3 Go ($F_{(2,40)}=14.82$, $p=.0001$, $\eta^2=.42$): el electrodo frontal Fz fue mayor que el electrodo parietal Pz ($p=.001$) mientras que el electrodo central Cz fue mayor que el electrodo parietal Pz ($p=.004$).

Se encontraron diferencias significativas en la amplitud del N2 NoGo ($F_{(2,40)}=24.99$, $p=.0001$, $\eta^2=.55$): el electrodo frontal Fz fue mayor que el electrodo parietal Pz ($p=.001$) mientras que el electrodo central Cz fue mayor que el electrodo parietal Pz ($p=.0001$). No se encontraron diferencias significativas en la latencia del N2 NoGo entre regiones ($F_{(2,40)}=2.20$, $p=.12$, $\eta^2=.09$).

Se encontraron diferencias significativas en la amplitud de P3 NoGo ($F_{(2,40)}=20.80$, $p=.0001$, $\eta^2=.510$): el electrodo frontal Fz fue mayor que el electrodo parietal Pz ($p=.005$) mientras que el electrodo central Cz fue mayor que el electrodo parietal Pz ($p=.0001$). Se encontraron diferencias significativas en la latencia del P3 NoGo ($F_{(2,40)}=14.41$, $p=.0001$, $\eta^2=.419$), el electrodo frontal Fz fue mayor que el electrodo central Cz ($p=.003$) y que el

electrodo parietal Pz (.0001), mientras que el electrodo central Cz fue mayor que el electrodo parietal Pz ($p=.006$).

Análisis de correlación entre la amplitud y latencia N2/P3 y el desempeño conductual en las condiciones Go y NoGo

Se encontró una correlación significativa positiva entre la amplitud del componente N2 en la condición Go con el número de respuestas correctas, así como entre la latencia con el tiempo de reacción.

Se encontró una correlación significativa negativa entre la amplitud del componente P3 en la condición Go con el número de respuestas correctas, así como una correlación positiva entre la latencia con el tiempo de reacción y las respuestas correctas.

Se encontró una correlación significativa positiva entre la latencia del componente N2 en la condición NoGo con las inhibiciones correctas y con el tiempo de reacción.

Se encontró una correlación significativa negativa entre la amplitud del componente P3 en la condición NoGo con las inhibiciones correctas y el tiempo de reacción, así como una correlación positiva entre la latencia con el tiempo de reacción.

En la tabla 1 y 2 se presentan los resultados obtenidos del análisis de correlación bivariado entre la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3, además de los resultados conductuales obtenidos durante el desempeño de la tarea de inhibición de respuestas preferentes en los electrodos de registro de la línea media (frontal Fz, central Cz y parietal Pz) para cada contexto y condición experimental.

Tabla 1. Correlaciones entre la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3 en los electrodos de la línea media (frontal Fz, central Cz y parietal Pz) y el desempeño conductual en la condición Go durante la ejecución de las tareas sin contexto (SIN), neutro (NEU), placentero (PLA) y displacentero (DIS).

		AMPLITUD N200 GO					AMPLITUD P300 GO		
		Tiempo de Reacción	Comisiones	Respuestas correctas			Tiempo de Reacción	Comisiones	Respuestas correctas
SC	Fz	-.044	-.312	.312	SC	Fz	-.283	.283	-.446*
	Cz	.045	-.542*	.542*		Cz	-.288	.288	-.525*
	Pz	.033	-.481*	.481*		Pz	-.135	.135	-.331
NEU	Fz	-.177	-.114	.184	NEU	Fz	-.023	.009	-.132
	Cz	.044	-.111	.192		Cz	-.283	.282	-.509*
	Pz	.149	.131	-.067		Pz	-.417	.413	-.418
PLA	Fz	-.045	-.013	.013	PLA	Fz	.355	-.355	.264
	Cz	.061	-.073	.073		Cz	.153	-.153	-.364
	Pz	.150	-.200	.200		Pz	.008	-.008	-.459*
DIS	Fz	-.107	.110	-.110	DIS	Fz	-.135	.135	-.243
	Cz	.096	.114	-.114		Cz	-.258	.258	-.563**
	Pz	.241	-.040	.040		Pz	-.295	.295	-.745**
		LATENCIA N200 GO					LATENCIA P300 GO		
		Tiempo de Reacción	Comisiones	Respuestas correctas			Tiempo de Reacción	Comisiones	Respuestas correctas
SC	Fz	.207	.085	-.085	SC	Fz	.083	-.083	.282
	Cz	.358	-.077	.077		Cz	.110	-.110	.241
	Pz	.352	-.205	.205		Pz	.186	-.186	.039
NEU	Fz	.219	-.108	.099	NEU	Fz	.309	-.352	.253
	Cz	.369	-.141	.143		Cz	.474*	-.438*	.464*
	Pz	.516*	-.370	.392		Pz	.211	-.256	.216
PLA	Fz	.236	-.203	.203	PLA	Fz	-.142	.142	.463*
	Cz	.561**	-.133	.133		Cz	-.208	.208	.443*
	Pz	.462*	-.178	.178		Pz	.226	-.226	.467*
DIS	Fz	.031	-.060	.060	DIS	Fz	.058	-.058	.256
	Cz	.296	-.337	.337		Cz	-.019	.019	.294
	Pz	.514*	-.099	.099		Pz	.298	-.298	-.121

Tabla 2.- Correlaciones entre la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3 en los electrodos de la línea media (frontal Fz, central Cz y parietal Pz) y el desempeño conductual en la condición NoGo durante la ejecución de las tareas sin contexto (SIN), neutro (NEU), placentero (PLA) y displacentero (DIS).

		AMPLITUD N200 NOGO			AMPLITUD P300 NOGO				
		Inhibiciones correctas	Omisiones	Tiempo de Reacción		Inhibiciones correctas	Omisiones	Tiempo de Reacción	
SC	Fz	.299	-.174	.288	SC	Fz	-.531*	.070	-.423
	Cz	.045	-.123	.291		Cz	-.272	.098	-.506*
	Pz	.067	-.035	.236		Pz	-.382	.463*	-.594**
NEU	Fz	.175	-.187	.089	NEU	Fz	-.408	.403	-.161
	Cz	.198	-.236	.150		Cz	-.568**	.598**	-.408
	Pz	.217	-.256	.226		Pz	-.684**	.677**	-.550**
PLA	Fz	.117	-.117	.012	PLA	Fz	-.249	.249	-.149
	Cz	.047	-.047	.040		Cz	-.170	.170	-.442*
	Pz	-.044	.044	.031		Pz	-.276	.276	-.597**
DIS	Fz	.154	-.154	-.134	DIS	Fz	-.287	.287	-.231
	Cz	.205	-.205	.065		Cz	-.523*	.523*	-.562**
	Pz	.143	-.143	.163		Pz	-.559**	.559**	-.668**
		LATENCIA N200 NOGO			LATENCIA P300 NOGO				
		Inhibiciones correctas	Omisiones	Tiempo de Reacción		Inhibiciones correctas	Omisiones	Tiempo de Reacción	
SC	Fz	-.036	.177	.193	SC	Fz	-.069	-.129	.229
	Cz	.155	-.016	.275		Cz	.087	-.401	.386
	Pz	.268	.030	.402		Pz	.219	-.511*	.287
NEU	Fz	-.336	.323	-.348	NEU	Fz	.110	-.141	.338
	Cz	-.248	.375	-.073		Cz	.294	-.350	.368
	Pz	.264	-.215	.134		Pz	.948	.948	.625
PLA	Fz	.299	-.299	.293	PLA	Fz	-.111	.111	.302
	Cz	.444*	-.444*	.593**		Cz	-.048	.048	.442*
	Pz	.057	-.057	.307		Pz	.095	-.095	-.073
DIS	Fz	-.006	.006	.059	DIS	Fz	.198	-.198	.349
	Cz	.154	-.154	.341		Cz	.185	-.185	.425
	Pz	-.104	.104	.137		Pz	.075	-.075	.182

4.6 Correlación entre Rendimiento Académico y PREs

Condición Go

Se encontró una correlación positiva entre el promedio de la escuela preparatoria de procedencia (PEP) y la *amplitud del N2* en la región parietal (Pz) durante la tarea con contexto displacentero ($r=.52$) (Fig.18).

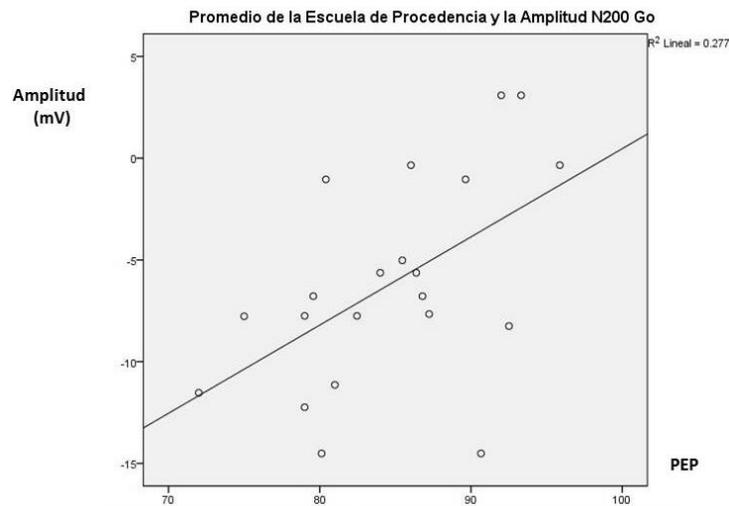


Figura 18.-Análisis de regresión lineal en la tarea con contexto displacentero ($r=.527^*$).

El promedio general actual de la licenciatura (PG) se correlacionó positivamente con la *amplitud del P3* en la región central (Cz) durante la tarea con contexto neutro ($r=.47$) (Fig.19).

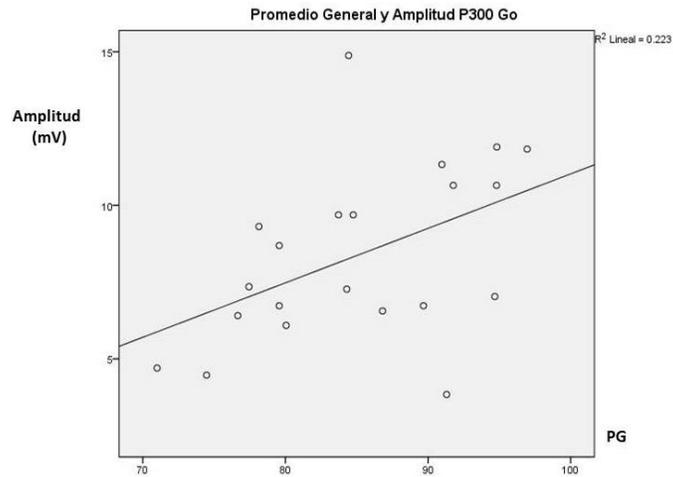


Figura 19.-Análisis de regresión lineal en la tarea con contexto neutro ($r=.472^*$).

El puntaje de admisión a la universidad (PAA) y la *latencia del P3* en la región central (Cz) ($r=.44$) durante la tarea con contexto neutro se correlacionaron positivamente (Fig.20).

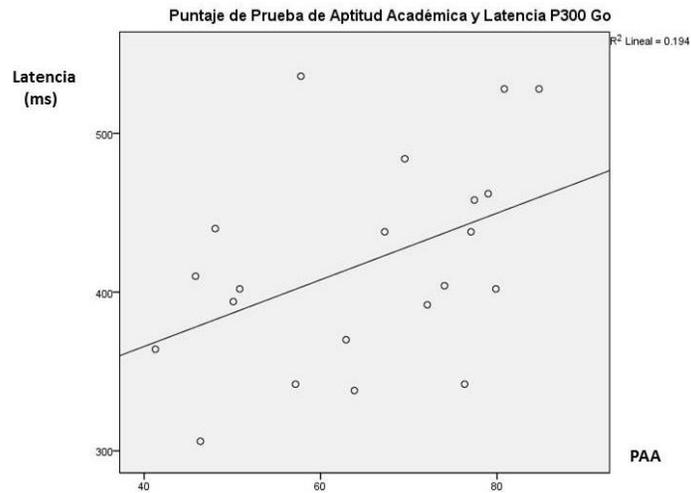


Figura 20.-Análisis de regresión lineal en la tarea con contexto neutro ($r=.441^*$).

Se encontró una correlación positiva entre el puntaje de admisión a la universidad (PAA) y la *latencia del P3* en la región parietal (Pz) ($r=.53$) durante la tarea con contexto neutro (Fig.21).

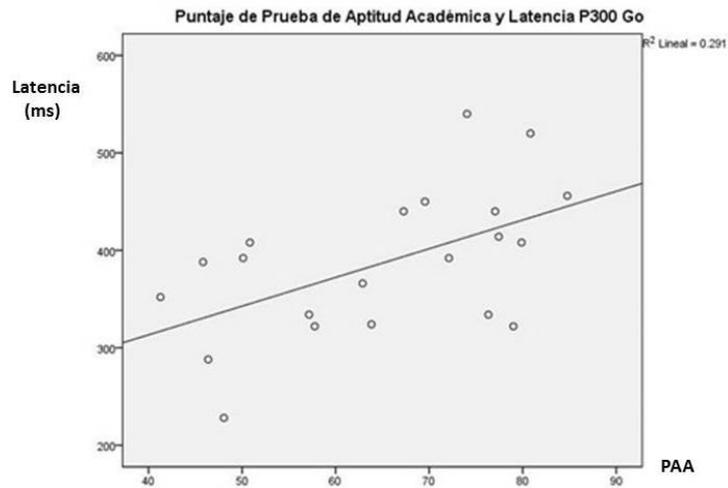


Figura 21.-Análisis de regresión lineal en la tarea con contexto neutro ($r=.539^*$).

Se encontró una correlación positiva entre el puntaje de admisión a la universidad (PA) y la *latencia del P3* en región parietal (Pz) ($r=.44$) durante la tarea con contexto neutro (Fig.22).

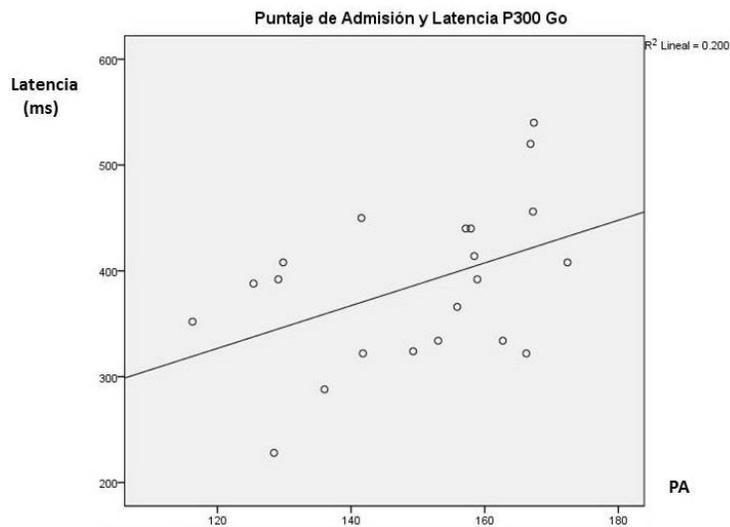


Figura 22.-Análisis de regresión lineal en la tarea con contexto neutro ($r=.447^*$).

Condición NoGo

Se encontró una correlación positiva entre el promedio de la escuela preparatoria de procedencia (PEP) y la *amplitud del N2* en la región frontal (Fz) ($r=.45$) durante la tarea con contexto placentero (Fig.23).

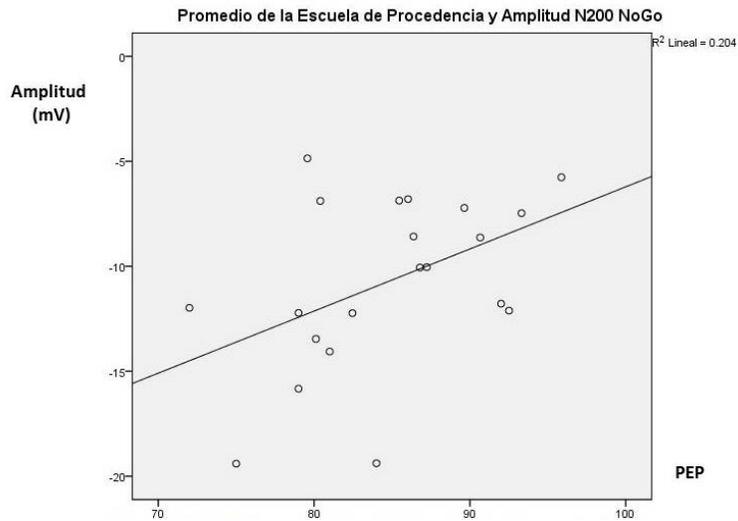


Figura 23.-Análisis de regresión lineal en la tarea con contexto placentero ($r=.452^*$).

El promedio de la escuela preparatoria de procedencia (PEP) y la *amplitud del N2* se correlacionaron positivamente en la región frontal (Fz) ($r=.59$), central (Cz) ($r=.51$) y parietal (Pz) ($r=.50$) durante la tarea con contexto placentero (Fig.24).

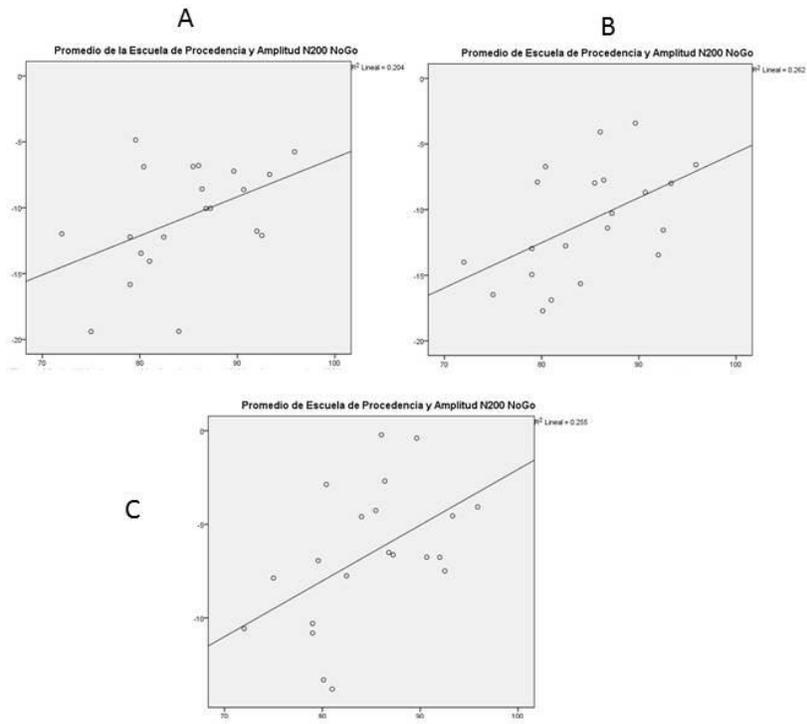


Figura 24.-Análisis de regresión lineal en la tarea con contexto placentero (A) ($r=.452^*$), (B) ($r=.512^*$), (C) ($r=.505^*$).

Se encontró una correlación positiva entre el promedio general actual de la licenciatura (PG) y la *amplitud del P3* en la condición NoGo en electrodo durante la tarea con contexto placentero.

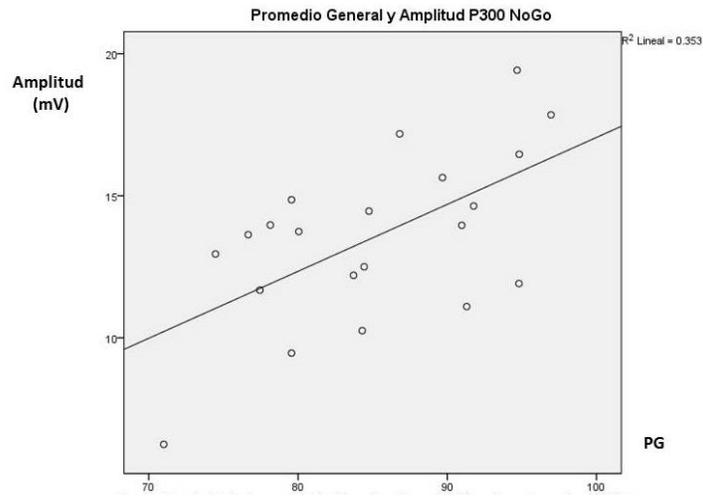


Figura 25.-Análisis de regresión lineal en la tarea con contexto placentero ($r=.595^{**}$).

4.7 *Resumen de Resultados*

Rendimiento Académico

Se encontraron correlaciones significativas entre los distintos puntajes que representan el rendimiento académico: entre el puntaje de admisión a la universidad y el promedio general actual de la licenciatura, entre el puntaje de admisión a la universidad y el promedio de la escuela preparatoria de procedencia, entre el puntaje de admisión a la universidad y el puntaje obtenido en la prueba de aptitud académica College Board y entre el promedio general actual de la licenciatura y el promedio de la escuela preparatoria de procedencia.

Correlaciones entre el Rendimiento Académico y PREs

170

Amplitud y Latencia N2 Go: Se encontró una correlación positiva entre el promedio de la escuela preparatoria de procedencia y la amplitud en la región parietal (Pz) durante el contexto displacentero.

Amplitud y Latencia P3 Go: Se encontró una correlación positiva entre el promedio general actual de la licenciatura y la amplitud en la región central (Cz) durante el contexto neutro. Se encontró una correlación positiva entre la latencia y el promedio de la prueba de aptitud académica en la región central (Cz) y parietal (Pz), así como entre el puntaje de admisión a la universidad en la región (Pz) durante el contexto neutro.

Amplitud N2 NoGo: Se encontró una correlación positiva entre el promedio de la escuela preparatoria de procedencia y la amplitud en las regiones frontales, centrales y parietales (Fz, Cz y Pz) durante el contexto placentero.

Amplitud P3 NoGo: Se encontró una correlación positiva entre el promedio general actual de la licenciatura y la amplitud en la región frontal (Fz) durante el contexto placentero.

Análisis de correlación entre la amplitud, latencia del N2 y P3 con el desempeño conductual entre contextos y condiciones

Amplitud y Latencia N2 Go: Se encontró una correlación positiva entre el número de respuestas correctas y la amplitud en la tarea sin contexto, así como entre el tiempo de reacción y la latencia en la tarea neutro, placentero y displacentero.

Amplitud y Latencia P3 Go: Se encontró una correlación negativa entre el número de respuestas correctas y la amplitud en la tarea sin contexto, neutro, placentero y displacentero; se encontró una correlación positiva entre el tiempo de reacción y la latencia en el contexto neutro, así como entre el número de respuestas correctas y la latencia en el contexto neutro y placentero.

Latencia N2 NoGo: Se encontró una correlación positiva entre el número de inhibiciones y el tiempo de reacción con la latencia en la tarea placentero.

Amplitud y Latencia P3 NoGo: Se encontró una correlación negativa entre el número de inhibiciones y el tiempo de reacción con la amplitud en la tarea sin contexto,

neutro, placentero y displacentero; se encontró una correlación positiva entre el tiempo de reacción y la latencia en la tarea placentero.

Correlaciones entre el cociente intelectual y la escala de impulsividad

Se encontró una correlación negativa entre los puntajes del WAIS-III y la escala de impulsividad de Barratt.

3ª PARTE: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5. *Discusión*

El objetivo principal del presente estudio fue el de identificar la relación entre el rendimiento académico y los indicadores electrofisiológicos y conductuales de la inhibición de la respuesta en estudiantes universitarios. De hecho, se encontró una correlación entre los distintos indicadores del rendimiento académico utilizados con los parámetros de la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3 durante la ejecución de una tarea tipo Go/NoGo con contextos emocionales.

Relación entre los distintos parámetros del rendimiento académico

Los distintos puntajes utilizados como indicadores del rendimiento académico están correlacionados entre sí, de tal manera que podemos suponer que dichas medidas o parámetros muestran equivalencias. Aunque estos puntajes representan diferentes aspectos del rendimiento académico del alumno, son medidas más o menos confiables del mismo. Cabe aclarar que el promedio general (PG) así como el promedio de la escuela preparatoria de procedencia (PEP) son el resultado del rendimiento académico histórico del alumno, mientras que el puntaje de la prueba de aptitud académica (PAA) refleja el desempeño en la capacidad de razonamiento verbal y razonamiento matemático de la prueba de admisión a la universidad College Board. El puntaje de admisión (PA) se obtiene mediante la suma del puntaje obtenido en la PAA y el PEP, de tal manera que es una sumatoria de los indicadores académicos históricos y actuales del alumno.

El análisis de correlación y de regresión lineal mostraron una contribución independiente de los componentes N2 y P3 con el rendimiento académico. Un mayor promedio en la escuela preparatoria se correlacionó con una menor amplitud del componente N2 (Go) al realizar la tarea con un contexto emocional displacentero cuando el participante debía responder, al analizar los resultados conductuales durante el desempeño de la tarea, se observó de manera congruente con lo anterior, que los participantes con mayor amplitud del componente N2 presentan un mayor número de respuestas. Numerosos estudios señalan que el componente N2 está reflejando diversos procesos del control cognitivo, como pueden ser la atención, la detección de la novedad, la adaptación, el automonitoreo así como el conflicto de la respuesta (Donkers & van Boxtel, 2004; Folstein & Van Petten, 2008; Nieuwenhuis et al., 2003), por lo que la amplitud del N2 refleja el conflicto en la respuesta al detectar el cambio en las propiedades de los estímulos presentados. El promedio general actual del estudiante se correlacionó con la amplitud del componente P3 (Go) en la tarea con un contexto neutro, al analizar los resultados conductuales, se observó una correlación negativa entre la amplitud del componente P3 y las respuestas correctas en los cuatro contextos experimentales, es decir, que a mayor amplitud del P3 un menor número de respuestas correctas. Por lo tanto, podemos apreciar que un mejor rendimiento académico está asociado de manera diferencial con los componentes N2 y P3: menores amplitudes del N2 y mayores amplitudes y latencias del P3. Al parecer, en nuestro paradigma experimental los estudiantes que tienden a reclutar más recursos neurales (mayor amplitud) y tardan más tiempo en el procesamiento del estímulo (mayor latencia) tienen un mejor rendimiento académico, reflejando esto una

mayor capacidad de atención y de actualización de la memoria de trabajo ante el estímulo de fondo que causa interferencia con la tarea, esto indica que los participantes que utilizan más recursos neurales para procesar el estímulo al que tienen que responder generan menos errores y por lo tanto tienen un mejor desempeño en la ejecución de tarea. Es decir, que los estudiantes con bajo rendimiento académico utilizan menos recursos neurales para dar la respuesta, presentan mayor dificultad para detectar el error y actualizar la memoria de trabajo durante la ejecución de la tarea.

En términos generales, el componente P3 durante la condición Go se interpreta como que está reflejando procesos de memoria de trabajo y actualización del contexto (Polich, 2012). Las teorías alrededor del P3 en la condición Go sugieren que ésta versión del componente refleja la actividad neuronal asociada con la revisión de las representaciones mentales de un evento previo (Donchin, 1981) y que está determinado por los recursos atencionales necesarios para actualizar la memoria de trabajo (Donchin & Coles, 1988), de tal manera que éste resulta ser sensible a la cantidad de recursos atencionales dirigidos hacia el estímulo (mayores amplitudes reflejan mayores cantidades de atención) y que además refleja diversos procesos cognitivos (Polich & Kok, 1995; Polich et al., 1997; Polich, 2007, 2012). De acuerdo con esto, una mayor amplitud estaría reflejando una mejor capacidad de actualización, lo cual es congruente con los resultados obtenidos en este y otros trabajos (Folstein & Van Petten, 2008; Nieuwenhuis et al., 2004; Ramos-Loyo et al., 2013). Por otra parte, encontramos que la latencia del P3 (en las regiones centro-parietales) en la condición Go se correlacionó positivamente con el puntaje de la prueba de aptitud académica y con el puntaje de admisión en la tarea con contexto neutro, es decir, que una mayor latencia del componente P3 se asocia a un mayor

promedio y al analizar los resultados conductuales, observamos que la latencia se correlacionó positivamente con el tiempo de reacción y las respuestas correctas en las tareas con contexto neutro y placentero. La latencia del componente P3 se interpreta como que está correlacionada con la velocidad de las funciones mentales, lo que podemos apreciar en este sentido es que los estudiantes con mejor rendimiento académico son aquellos que tardan más tiempo en el procesamiento del estímulo, por lo que tienen un mejor desempeño conductual en la tarea, lo que está indicando una mayor capacidad atencional y de actualización de la memoria de trabajo en comparación con aquellos estudiantes con bajo rendimiento académico, en comparación con aquellos que respondieron más rápido. El incremento en la amplitud del componente P3 típicamente es interpretado como un reflejo de mayor actividad neuronal, mientras que la latencia se interpreta como que está asociada la categorización del estímulo en el tiempo, es decir, que la latencia es relativamente corta cuando el procesamiento de la tarea es fácil y se alarga cuando el procesamiento de la tarea es más difícil. En este sentido, se ha observado que los adolescentes, particularmente los del sexo masculino, tienden a ser impulsivos y esto va en detrimento de su ejecución conductual en distintas tareas (Ramos Loyo et al., 2013). De hecho más adelante discutiremos que en el presente estudio los puntajes del WAIS que utilizamos como indicadores del cociente intelectual correlacionaron negativamente con la escala de impulsividad, esto es que aquellos estudiantes más impulsivos obtuvieron un menor cociente intelectual.

En relación con el proceso inhibitorio (condición NoGo), también se encontraron correlaciones semejantes. El análisis de correlación y de regresión lineal indican que menores puntajes del promedio de la escuela de procedencia se asocian a una mayor

amplitud del componente N2 en todas las regiones (Fz, Cz y Pz) únicamente ante el contexto placentero, al analizar los resultados conductuales, se observó que la latencia se correlacionó positivamente con el número de inhibiciones y con el tiempo de reacción, también únicamente en el contexto placentero. Por lo tanto, podemos interpretar dichos resultados en el sentido de que los estudiantes que presentan un menor rendimiento académico tienen más dificultades de inhibición de respuestas relacionada con la regulación de su conducta, particularmente cuando existe un contexto emocional placentero, ya que éstos estímulos atraen su atención haciéndoles más difícil inhibir la interferencia que éstos provocan y poder llevar a cabo adecuadamente la inhibición de la respuesta. Por lo tanto, podemos concluir que la amplitud del N2 NoGo contribuye con el rendimiento académico, que es sensible a la valencia emocional y que además los estímulos emocionales retrasan el procesamiento de la información. La distribución topográfica del componente N2 fronto-central en los contextos emocionales se ha sugerido que está reflejando el grado de atención necesario para procesar los estímulos al suprimir la interferencia visual asociada con el estímulo blanco (flecha y barra), así como la inhibición de respuestas mediada por el N2 NoGo (Falkenstein et al., 1999; Folstein & Van Petten, 2008). Son numerosos los trabajos con tareas de tipo Go/NoGo que sustentan la hipótesis de que el N2 NoGo es generado ante la planeación de una respuesta, sugiriéndose una asociación entre la amplitud y las inhibiciones correctas. Por lo tanto, la inhibición de una respuesta y la selección de una respuesta alternativa ponen en marcha mecanismos cerebrales similares en la corteza prefrontal medial y la corteza anterior del cíngulo.

En su conjunto las relaciones encontradas entre el rendimiento académico y el componente N2 emocional Go/NoGo generados en este trabajo probablemente no estén

relacionadas con los procesos de inhibición y control de las respuestas (mayor amplitud/menor promedio; menores respuestas/mayor latencia; menor promedio/menor inhibiciones), en vista de que se encontró una correlación de la amplitud del N2 en las dos condiciones (respuestas/inhibiciones) con el promedio de la escuela preparatoria de procedencia en la tarea con contexto emocional displacentero, sino que más bien pudieran estar asociadas con la cantidad de recursos atencionales que los alumnos necesitan utilizar ante los contextos emocionales en relación con la capacidad de control conductal. Estos procesos de regulación conductual y de atención son necesarios para tener éxito en las aulas de clase, las cuáles presentan desafíos cognitivos y emocionales a resolver a través del desarrollo escolar del alumno.

En el único trabajo revisado hasta la fecha que intenta encontrar una correlación entre un componente negativo de los potenciales relacionados a eventos y el rendimiento académico, los autores examinaron el componente relacionado con el error (ERN) generado en una tarea tipo Stroop de nombrar colores, mientras que la medida del rendimiento académico utilizada fue el promedio general del estudiante; ellos concluyen que una mayor amplitud después de cometer un error está correlacionada con un mejor desempeño académico en estudiantes de educación superior (Hirsh & Inzlicht, 2010). En otros estudios reportan una mayor amplitud y latencia del N2 en los paradigmas de “Señal-Alto”, en donde se ha encontrado una mayor amplitud y latencia en las respuestas de alto erróneas en relación con las señales de alto correctas (Folstein & Van Petten, 2008; Kok et al., 2004), de tal manera que la amplitud del N2 se puede asociar con la dificultad para la inhibición de respuestas y la detección del error y que ésta capacidad tiene que ver con el contexto emocional.

En relación con el P3 NoGo también se encontraron correlaciones con el rendimiento académico. Observamos que mayores puntajes en el promedio general actual del estudiante se asociaron a una mayor amplitud del componente P3 (en las regiones frontales) durante el contexto placentero, al analizar los resultados conductuales, se observó que la amplitud se correlaciona negativamente con las inhibiciones correctas y con el tiempo de reacción en los cuatro contextos experimentales, es decir, que una mayor amplitud se asocia a un menor tiempo de reacción. Por otra parte, la latencia se correlacionó positivamente con el tiempo de reacción únicamente en el contexto placentero, es decir, que la capacidad para actualizar la memoria de trabajo y de evaluar el desempeño inhibitorio tiene que ver con el contexto emocional del componente P3 en el presente experimento. Los resultados más consistentes en la literatura revisada son que la amplitud del P3 NoGo es mayor en situaciones donde se necesita una supresión o cambio de la respuesta (Albert et al., 2010; Bokura et al., 2001; Falkenstein et al., 1999; Hillman et al., 2012; Ilan & Polich, 1999; Krämer et al., 2011; Polich, 2007). Sin embargo, se ha señalado que este componente fronto-medial ocurre muy tarde para corresponder con el proceso de inhibición motora, así que se ha sugerido que puede estar más bien relacionado con un efecto secundario del proceso de inhibición, como puede ser la evaluación del desempeño inhibitorio (Huster et al., 2012). Los incrementos en la amplitud de P3 son intrerpretados generalmente como un reflejo de la actividad neuronal que de alguna manera es modulada por factores cognitivos internos y externos, que además tienen un efecto sobre la latencia. La amplitud también esta relacionada con el tamaño del hipocampo en relación con el tamaño del lóbulo temporal, sugiriendose que el componente P3 es generado mediante un circuito neural entre las áreas frontales y tempo-parietales (Polich, 2007). La latencia del P3 generalmente se ha interpretrado como una medida de la detección y evaluación del

estímulo en el tiempo (Ilan & Polich, 1999), el cual es independiente de la respuesta seleccionada y de la acción conductual (Verleger, 1997), además está correlacionada con la velocidad mental y se suele asociar una menor latencia con un mejor desempeño cognitivo así como con la velocidad para asignar los recursos atencionales, se reporta como relativamente menor cuando el procesamiento de la tarea es fácil y mayor cuando es difícil. Debido a que el componente P3 es sensible a los factores cognitivos y conductuales (Polich & Kok, 1995), las diferencias individuales observadas en la latencia del P3 están correlacionadas con la velocidad de las funciones mentales.

La relación entre los recursos atentos y el componente P3 consiste en lo siguiente: el sistema está modulado por cierto nivel de alertamiento, el cual controla los niveles de atención necesarios para la ejecución de la tarea (Kahneman, 1973), cuando las condiciones de la tarea no son demandantes, se sugiere que la amplitud del P3 clasifica los recursos atentos y la amplitud es relativamente grande y el pico de latencia pequeño, mientras que para aquellas tareas que requieren de recursos atentos mayores sucede lo contrario en la medida que los recursos de procesamiento son utilizados para el desempeño de la tarea (la amplitud es menor y el pico de latencia mayor) (Kok, 2001). La interpretación del P3 NoGo como relacionado con la inhibición adquiere mayor sustento, sin embargo, hay que hacer el comentario de que no representa estrictamente el paro de una conducta, sino más bien la cancelación de una respuesta planeada. En el único trabajo encontrado hasta ahora donde se aborda el objetivo de encontrar una relación entre el componente P3 y el rendimiento académico es congruente con nuestros resultados, ahí se concluye que dicho componente se asocia con el éxito en las habilidades de lectura y aritmética en estudiantes de nivel básico, sugiriendo que el P3 refleja los procesos de atención involucrados en la evaluación del

estímulo y que dicho control inhibitorio podría considerarse como un indicador biológico del rendimiento académico durante la infancia (Hillman et al., 2012).

Los componentes N2 frontal y el P3 fronto-central presentan incrementos en su amplitud y latencia ante los estímulos NoGo en relación con los Go, este efecto NoGo en el componente N2 se incrementa en el grupo de participantes que hacen pocos errores de inhibición y cuando la inhibición de la respuesta es más difícil, así como cuando se le pide a los participantes que respondan rápidamente en los estímulos Go, dichos efectos no se limitan a la respuesta manual de un botón, sino que los efectos NoGo en los componentes N2 y el P3 también se observan cuando los participantes tienen que hacer respuestas sacádicas o cuando tienen que contar el número de estímulos Go (Randall & Smith, 2011). Por lo tanto, los componentes N2 y el P3 son procesos funcionalmente independientes que reflejan distintos aspectos de la inhibición conductual, esto es, el conflicto se genera ante la opción de responder o no responder de la tarea, sin embargo hay que hacer notar que los procesos relacionados con el N2 y el P3 son indisociables, es decir, que el proceso de cancelación de una respuesta no puede ser medido sin generar el conflicto entre la respuesta planeada y la demandada. Los presentes resultados son acordes con investigaciones previas que vinculan la amplitud y latencia del N2 y del P3 con distintos procesos del control cognitivo y emocional, permitiéndonos entender la naturaleza, secuencia y de alguna manera, la relación entre los procesos de regulación conductual necesarios para emitir respuestas de manera eficiente que den como resultado éxito en los programas educativos. Considerar los factores emocionales en el procesamiento de la información es fundamental en el ámbito educativo, ya que los estudiantes se encuentran inmersos en ellos en su vida escolar cotidiana.

Efectos de los contextos emocionales sobre los componentes N2 y P3

El análisis estadístico de los resultados de la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3 así como los datos conductuales en relación con los contextos emocionales durante la ejecución de la tarea de inhibición, están indicando que cuando la ejecución de la tarea se realizaba ante un contexto emocional (placentero o displacentero) los participantes presentaron mayores amplitudes y latencias de los componentes, al analizar los resultados conductuales y de manera congruente con lo anterior, encontramos mayores errores de inhibición y mayores tiempos de reacción en relación a las tareas que no presentaban algún contexto emocional (neutro y sin contexto). En particular, el contexto displacentero incrementó el tiempo de reacción al dar la respuesta, lo que implica que éste dificulta la velocidad de la respuesta. Además, las tareas que generaron un mayor número de errores de inhibición indican que el tener un fondo en el estímulo blanco dificulta la realización de la tarea. En su conjunto, estos resultados sugieren que existe una mayor dificultad para inhibir una respuesta preferente ante estímulos emocionales en vista de que la información proporcionada estos estímulos interfiere en los procesos del control de la conducta.

Los contextos emocionales, particularmente el displacentero, generan mayores amplitudes y latencias de los componentes N2 y P3, tanto en la condición de respuesta (Go) como en la de inhibición (NoGo). Estos resultados sugieren que la presencia de un contexto emocional dificulta tanto los procesos de inhibición de respuestas, atención, memoria de trabajo y toma de decisiones. A este respecto, se ha reportado que los estímulos con valencia positiva están asociados con mayores amplitudes en el componente P3 NoGo (Albert, López-Martín, & Carretié, 2010), sugiriéndose que la retención de una respuesta preferente bajo un contexto positivo es más difícil y consume mayores recursos inhibitorios

que cuando se presentan estímulos con valencias negativas. Sin embargo, en nuestros resultados ambos contextos emocionales (placentero y displacentero) incrementaron la dificultad de la tarea (mayores errores de omisión y comisión), lo que corrobora los resultados previos obtenidos en nuestro laboratorio.

Esta perspectiva es afín con el supuesto neurocognitivo de que los estímulos entrantes, en este caso las imágenes emocionales, provocan un cambio en la atención de tipo “top-down” y a su vez que los procesos de memoria “bottom-up” guían la organización y producción de las respuestas (Polich, 2007), en vista de que se observa que las imágenes emocionales al atraer la atención de los participantes, dificultan el procesamiento de la tarea de inhibición. Nuestros resultados y otros (Donkers & van Boxtel, 2004; Espinet et al., 2012; Falkenstein et al., 1999; Folstein & Van Petten, 2008; Hester et al., 2004; Krämer y cols., 2011; Nieuwenhuis et al., 2003; Näätänen & Picton, 1986; Ramos-Loyo et al., 2009, 2013) son consistentes con la hipótesis de la regulación de la conducta hacia abajo (“top-down”) mediada por la corteza del cíngulo anterior en la detección de conflictos y en la generación del componente N2, siendo éste componente un marcador neural de las diferencias individuales en la función ejecutiva, de tal manera que refleja una negatividad con distribución central (aunque algunos estudios han reportado con distribuciones más parietales) que dirige los recursos de la atención selectiva ante las características específicas de ciertos estímulos.

En cuanto a la regulación emocional y el componente P3, se le ha registrado tanto con estímulos placenteros como displacenteros (Carretie et al., 2009; Cohen et al., 2011; Cuthbert et al., 2000; Dillon & Pizzagalli, 2007), sugiriéndose que los procesos en los que esta participando pueden estar directamente vinculados con la motivación (Hajcak et al.,

2012). En nuestro trabajo la amplitud y la latencia del componente P3 se muestran sensibles a los estímulos emocionales, observándose mayores en el contexto displacentero, en cuanto a los resultados conductuales se observó una correlación negativa entre la amplitud, las respuestas correctas y el tiempo de reacción. La distribución topográfica del componente P3 fronto-parietal en los contextos emocionales se ha sugerido que esta reflejando procesos de atención, memoria de trabajo, actualización del contexto e inhibición de respuestas.

A pesar de que las características de los componentes N2 y P3 registrados en este estudio se asocian con diferentes aspectos del control cognitivo relacionados con la evaluación de estímulos e inhibición de respuestas, estos sistemas interactúan para predecir el desempeño conductual, de tal manera que la actividad de las regiones cerebrales implicadas en la generación de los componentes N2 y del P3 están asociadas funcionalmente para dar un sustrato neural al control de la conducta, siendo la corteza anterior del cíngulo la relacionada con las funciones de evaluación de los estímulos, inhibición de respuestas y actualización del contexto, mientras que la corteza prefrontal está relacionada con los procesos ejecutivos y emocionales.

Rendimiento académico, inteligencia e impulsividad

En cuanto al nuestro objetivo de identificar si existe una relación entre el rendimiento académico y las variables de inteligencia e impulsividad, en el presente trabajo no se encontraron correlaciones entre los distintos puntajes del rendimiento académico con el cociente intelectual (WAIS III) y la escala de impulsividad de Barratt, pero sí se encontraron relaciones entre las escalas. En lo referente al CI y al aprendizaje, la literatura lo relaciona con el rendimiento académico (Kline, 1990), por ejemplo hay evidencia que

sugiere que existen correlaciones dependiendo del grado escolar (Mackintosh, 1998), el CI en niños menores de 5 años tiene poca relación con la lecto-escritura y habilidades matemáticas posteriores (Alloway & Alloway, 2010), mientras que en estudiantes universitarios el CI fue un buen predictor del rendimiento académico (Moral de la Rubia, 2006) y mantiene una correlación negativa con la impulsividad (Vigil-Colet & Morales-Vives, 2005), mientras que la auto-disciplina predice el rendimiento académico mejor que el CI en adolescentes (Duckworth & Seligman, 2005). Los puntajes de CI se utilizan para predecir el desempeño académico de un alumno, sin embargo solo explican el 25% de la varianza, en gran parte porque el rendimiento académico es multifactorial y depende de las diferencias individuales que van más allá de la inteligencia. Podemos comentar que en vista de que la funcionalidad cerebral se ve reflejada en la trayectoria educativa del estudiante (Goswami, 2006), recientemente se ha prestado atención a las diferencias individuales en el desempeño del aprendizaje, ante diferentes grados escolares y diferentes puntajes de cociente intelectual (CI), entre otros. De tal manera que las capacidades cognitivas como la memoria de trabajo, velocidad de procesamiento y habilidades espaciales son factores más relacionados con el desempeño académico (Rohde & Thompson, 2007). Por otra parte se han encontrado muy pocas correlaciones entre los puntajes del WISC-R y las funciones ejecutivas en adolescentes (Ardila et al., 2000), de tal manera que nuestros resultados y otros sustentan el hecho de que este tipo de pruebas no son sensibles ante los aspectos más importantes de la inteligencia: actuar propositivamente (controlando y planeando la conducta) y pensar racionalmente (organizar y dirigir la cognición). La ausencia de correlaciones a este respecto en nuestros resultados sugieren que aunque el WAIS-III tiene una validez clínica muy importante, desde el punto de vista de nuestra muestra, no constituye un factor relacionado con éste, en gran parte debido a las diferentes maneras de

medir y definir dicho constructo. La manera de resolver problemas basada en la toma de decisiones rápidas sin tomar en cuenta las consecuencias, puede dar como resultado problemas de aprendizaje que se ven reflejados en los puntajes del CI.

Por otra parte, en lo referente al rendimiento académico y la impulsividad, se reporta que parecen estar inversamente relacionadas (Vigil-Colet & Morales-Vives, 2005), a menudo es relacionada con la inteligencia –particularmente con inteligencia cristalizada– y está asociada con problemas de aprendizaje (Fink & McCown, 1993). La impulsividad parece actuar como una variable moduladora entre la inteligencia y el rendimiento académico, en vista de que se observa que los sujetos con alto nivel de impulsividad y alta capacidad académica tienden a tener menor rendimiento académico en comparación con los que tienen alta capacidad académica y baja impulsividad (Zeidner, 1995) y puede ser un predictor del éxito académico (Rodríguez & Maydeu, 2000). A pesar de que no encontramos correlaciones significativas entre la impulsividad y el rendimiento académico, si encontramos correlaciones negativas entre las escalas de inteligencia y las de impulsividad; a pesar de que no todas las sub-escalas mostraron correlación, el patrón encontrado entre ellas indica que la ausencia de planificación y la toma de decisiones sin pensar –dos variables que caracterizan a los sujetos impulsivos– pueden ser las responsables de las relaciones negativas observadas entre la impulsividad y la inteligencia. El control inhibitorio permite suprimir o cancelar una respuesta motora, así como los estímulos interferentes, de tal manera que los fallos en estas habilidades se asocian con la impulsividad y está puede expresarse como respuestas inapropiadas, problemas de atención o respuestas prematuras (Basar et al., 2010). Por lo tanto, los estudiantes que tienen poca capacidad de regular su conducta son más vulnerables de tener problemas para prestar

atención en clase, cumplir con las tareas en tiempo, forma y quizá lo más importante, para inhibir las conductas impulsivas. De tal manera que aquellos con un menor control ejecutivo presentan mayor resistencia al ámbito educativo, se esfuerzan menos, manifiestan menor interés y tienen mayores tasas de deserción escolar (Vitaro et al., 2005), por el contrario, los alumnos con un control emocional, atencional y conductual más eficiente se desenvuelven en el ámbito educativo con mayor naturalidad.

Aunque el presente trabajo brinda información prometedora asociado con las relaciones entre las neurociencias y la educación, son necesarias más investigaciones futuras que exploren estas relaciones entre la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3 con indicadores del control cognitivo y el rendimiento académico en distintos tipos de tareas y estímulos emocionales. Por otra parte, aunque el tamaño de la muestra de este trabajo es comparable con estudios previos de PREs, es recomendable ampliar el número de participantes e incluir otras variables como el género y la edad. En resumen, el presente trabajo brinda evidencia de la importancia de los procesos de atención e inhibición implicados en el control de la conducta ante contextos emocionales así como en el rendimiento académico. Los indicadores electrofisiológicos relacionados con el control de la conducta podrían ser predictores importantes del éxito académico.

6. Conclusiones

Objetivo 1.1 *Identificar la correlación entre el rendimiento académico con la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3 durante la ejecución de una tarea de inhibición de respuestas preferentes con contexto emocional (placentero y displacentero) y no emocional (neutro y sin contexto).*

H1. *El rendimiento académico estará correlacionado positivamente con la amplitud y latencia de los potenciales relacionados a eventos N2 y P3 durante la inhibición de respuestas preferentes bajo la influencia del contexto emocional (placentero y displacentero) y no emocional (neutro y sin contexto).*

1. Concluimos que el rendimiento académico en estudiantes de nivel superior sí está relacionado con la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3 de los potenciales relacionados a eventos durante la inhibición de respuestas preferentes bajo la influencia del contexto emocional y no emocional asociados a diferentes aspectos del procesamiento cognitivo, regulación de la conducta, atención y procesamiento emocional, por lo tanto, en base a los resultados obtenidos, podemos concluir de manera general que nuestra hipótesis general se aceptó. Esto resulta de particular importancia ya que ningún trabajo revisado hasta la fecha toma en cuenta la influencia del procesamiento emocional, características electrofisiológicas de los potenciales relacionados a eventos y su relación con el rendimiento académico en estudiantes de nivel superior. La relación entre los procesos de regulación conductual necesarios para

emitir respuestas de manera eficiente dan como resultado éxito en los programas educativos, lo anterior nos permite estar en la posibilidad de aportar evidencia asociada con la presencia de indicadores neuroeléctricos (componentes N2 y P3) que sean útiles como predictores y/o indicadores biológicos del rendimiento académico relacionados con la inhibición de una respuesta y el procesamiento emocional.

Es decir, que una menor amplitud del componente N2 y una mayor amplitud y latencia del componente P3 están correlacionados con un mejor rendimiento académico. Los estudiantes que presentan un menor rendimiento académico tienen más dificultades de inhibición asociada con la regulación de su conducta, particularmente cuando existe un contexto emocional placentero. Los potenciales relacionados a eventos utilizados en este estudio se asocian con diferentes aspectos del control cognitivo y están relacionados con la evaluación de estímulos e inhibición de respuestas, por lo tanto, las relaciones encontradas entre el rendimiento académico y los componentes N2 y P3 pudieran estar asociadas con la cantidad de recursos atencionales, memoria de trabajo y de inhibición de respuestas ante los contextos placentero y displacentero que los alumnos necesitan utilizar en relación con su capacidad de control conductal. Es decir, que los procesos de regulación conductual y de atención que son necesarios durante la ejecución de una tarea de tipo Go/NoGo emocional también lo son para tener éxito en las aulas de clase, las cuáles presentan desafíos cognitivos y emocionales a resolver a través del desarrollo escolar del alumno y que podemos inferir en base los cambios observados en los componentes N2 y P3.

El promedio de la escuela de preparatoria se correlacionó con la amplitud del N2 (Go y NoGo) es decir, que una mayor amplitud se asocia a un menor promedio. Estos

resultados están reflejando en su conjunto que un mayor tiempo de procesamiento se ve asociado a un menor promedio general actual del estudiante. Es decir, que el rendimiento académico muestra una relación diferencial con la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3, que las relaciones encontradas son dependientes de la capacidad del estudiante para responder correctamente ante los estímulos de la tarea, de inhibir las respuestas prepotentes generadas y que por lo tanto éstas capacidades de regulación de la conducta, atención, memoria de trabajo y actualización son moduladas por el procesamiento de la información emocional de los estímulos presentados. Un menor promedio general actual del estudiante se correlaciona con una menor amplitud del P3 (Go y NoGo), mientras que una menor latencia se encontró asociada a un menor promedio en los puntajes de la prueba de aptitud académica y de admisión, de tal manera que la capacidad que tenemos para actualizar la memoria de trabajo y para evaluar el desempeño inhibitorio son influenciadas por el contexto emocional.

Objetivo 1.2. *Evaluar el efecto de los contextos emocionales durante la ejecución de una tarea de inhibición de respuestas preferentes sobre la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3 y el desempeño conductual.*

H2. *Los contextos emocionales durante la ejecución de una tarea de inhibición de respuestas preferentes tendrán un efecto sobre la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3 y sobre el desempeño conductual.*

2. En vista de lo anterior y corroborando nuestra hipótesis relacionada con la interferencia que causan los estímulos emocionales con la ejecución de la tarea de inhibición y la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3, podemos concluir que

las relaciones encontradas durante la ejecución de una tarea de inhibición de respuestas preferentes sobre la amplitud y latencia de los componentes N2 y P3 y el desempeño conductual son dependientes del contexto emocional (placentero y displacentero) y no emocional (neutro y sin contexto) de los estímulos presentados durante la ejecución de la tarea. De tal manera que en el presente experimento el contexto emocional displacentero genera una mayor amplitud de los componentes N2 y P3 (tanto en la condición de respuesta como de inhibición) y que además requiere de mayor tiempo (latencia) para su procesamiento, es decir que el contexto emocional dificulta tanto los procesos de atención, memoria, toma de decisiones, actualización del contexto e inhibición de respuestas.

Podemos concluir además que los estímulos emocionales tienen la propiedad de generar una interferencia en la ejecución de la tarea Go/NoGo, lo que se traduce en una mayor dificultad para inhibir la respuesta prepotente en relación con los estímulos sin contexto emocional. Es decir, que la amplitud del N2 está relacionada con el número de respuestas correctas en la tarea sin contexto emocional, mientras que la latencia lo está con el tiempo de reacción en la tarea con contextos emocionales., mientras que la amplitud y la latencia del componente P3 también se muestran sensibles a los estímulos emocionales, particularmente en el contexto displacentero hay una correlación negativa entre la amplitud, las respuestas correctas y el tiempo de reacción. Por lo tanto, la presencia de un contexto emocional dificulta o interfiere con los procesos vinculados con el componente N2 como la inhibición de respuestas y el automonitoreo; además, que la capacidad para actualizar la memoria de trabajo y de

evaluar el desempeño inhibitorio es modulada por el contexto emocional en el que se genera el componente P3.

Objetivo 1.3. *Identificar si hay una relación entre el rendimiento académico y las variables de inteligencia e impulsividad.*

H3. *El rendimiento académico estará correlacionado con las variables de inteligencia e impulsividad.*

3. Concluimos en base a nuestros resultados que el rendimiento académico en estudiantes de nivel superior no está relacionado con el cociente intelectual ni con el nivel de impulsividad. De tal manera que nuestra hipótesis propuesta de que el rendimiento académico estaría relacionado con las variables de inteligencia e impulsividad es rechazada. A pesar de que dichas relaciones no fueron significativas, sí lo fue la correlación entre los puntajes obtenidos entre las escalas, por lo podemos sugerir que los existe una relación entre la capacidad de control cognitivo y el cociente intelectual.

En su conjunto podemos concluir que el presente trabajo de investigación aporta evidencia de que una mejor capacidad de monitorear el desempeño de la conducta y las emociones así como la de poner en marcha mecanismos de control cognitivos, tales como la atención, memoria de trabajo e inhibición cuando son necesarios, están asociados con un mejor desempeño conductual en la vida cotidiana y académica. Por lo tanto, para que un estudiante este en la posibilidad de lograr alcanzar los objetivos académicos, se requiere de un continuo proceso de auto-regulación del aprendizaje, motivación y esfuerzo cognitivo-emocional a corto y largo plazo. Las diferencias individuales relacionadas con el control de

la conducta, es decir, poder cambiar las conductas inapropiadas al contexto así como de regular las respuestas dependientes de estímulos emocionales parecer ser un importante predictor del éxito académico y personal. Los resultados obtenidos contribuyen al hallazgo de indicadores neuroeléctricos que podrían ser utilizados como predictores o indicadores biológicos del rendimiento académico.

7. *Recomendaciones para futuras investigaciones*

- Identificar otros componentes electrofisiológicos relacionados con el rendimiento académico, la regulación conductual y el procesamiento emocional.
- Identificar las relaciones existentes entre el rendimiento académico y las funciones ejecutivas relacionadas con la regulación emocional y habilidades sociales para complementar las propiedades predictoras del N2/P3 en el rendimiento académico.
- Conocer las diferencias sexuales de los indicadores electrofisiológicos del rendimiento académico y la regulación de la conducta.
- Estudiar la lateralización o distribución de los componentes de los PREs para poder determinar la participación interhemisférica sobre los procesos de inhibición de respuestas y procesamiento emocional.
- Realizar un análisis de componentes principales para identificar las oscilaciones cerebrales y su probable relación con el rendimiento académico, la regulación conductual y el procesamiento emocional.

8. Referencias bibliográficas

- Agudelo Velez, D. M., Casadiegos Garzón, C. P., & Sánchez Ortiz, D. L. (2011). Características de la ansiedad y depresión en estudiantes universitarios. *International Journal of Psychological Research*, 34-39.
- Albert, J., López-Martín, S., & Carretié, L. (2010). Emotional context modulates response inhibition: Neural and behavioral data. *NeuroImage*, 914-921.
- Alcaraz, M. (1993). Especificidad vs. Generalidad de las respuestas autonómicas en las emociones. *Psicothema*, 255-264.
- Allman, J., Hakeem, A., Erwin, J., Nimchinsky, E., & Hof, P. (2001). The Anterior Cingulate Cortex: The evolution of an interface between emotion and cognition. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 107-117.
- Alloway, T., & Alloway, R. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, 20-29.
- Alonso, C. M., Gallego, D. J., & Honey, P. (1994). *Los Estilos de Aprendizaje: Procedimientos de Diagnostico y Mejora*. Bilbao: Ediciones Mensajero.
- Alvarez, J., & Emory, E. (2006). Executive Function and the Frontal Lobes: A Meta-Analytic Review. *Neuropsychology Review*, 17-42.
- American College Testing Program. (1987). ACT Assessment Program technical manual. Iowa.
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder, Fourth Edition*. Washington, DC.: American Psychiatric Association.
- Anderson, A., & Phelps, E. (2001). Lesions of the human amygdala impair enhanced perception of emotionally salient events. *Nature*, 305-309.
- Anderson, P. (1992). Assessment and development of executive function during childhood. *Child Neuropsychology*, 71-82.
- Anderson, P. (2008). Towards a developmental model of executive function. En V. Anderson, R. Jacobs, & P. Anderson, *Executive functions and the frontal lobes. A lifespan perspective* (págs. 23-56). New York: Taylor & Francis .

- ANUIES. (2002). *Programas Institucionales de Tutoría. Una propuesta de la ANUIES para su organización y funcionamiento en las instituciones de educación superior*. ANUIES.
- ANUIES. (2006). *Consolidación y avance de la educación superior en México. Temas cruciales de la agenda*. México: Publicaciones ANUIES.
- Ardila, A., Pineda, D., & Rosselli, M. (2000). Correlation Between Intelligence Test Scores and Executive Function Measures. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 31-36.
- Ardila, A., Rosselli, M., Matute, E., & Guajardo, S. (2005). The influence of parents educational level on the development of executive functions. *Developmental neuropsychology*, 539-560.
- Arias Ortiz, E., & Dehon, C. (2013). Roads to Success in the Belgian French Community's Higher Education System: Predictors of Dropout and Degree Completion at the Universite´ Libre de Bruxelles. *Research in Higher Education*, 693-723.
- Arias, F., & Flores, A. (2005). La satisfacción de los estudiantes con su carrera y su relacion con el promedio y el sexo. El caso de la carrera de contaduría de la Universidad Veracruzana en Nogales, Veracruz. *Hitos de Ciencias Económico Administrativas*, 9-14.
- Armenta, N., Pacheco, C., & Pineda, E. (2008). Factores socioeconómicos que intervienen en el desempeño académico de los estudiantes universitarios de la facultad de ciencias humanas de la universidad autónoma de baja california. *Revista de Investigación en Psicología*, 153-165.
- Aron, A. (2007). The Neural Basis of Inhibition in Cognitive Control. *The Neuroscientist*, 13(3), 1-15.
- Aron, A., Robbins, T., & Poldrack, R. (2004). Inhibition and the right inferior frontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 170-177.
- Artunduanga, M. (2008). *Variables que influyen en el rendimiento académico en la universidad*. Recuperado el 2012, de <http://www.slideshare.net/http://www.slideshare.net/1234509876/variables-del-rendimiento-acadmico-universidad>
- Ayduk, O., Mischel, W., & Downey, G. (2002). Attentional mechanisms linking rejection to hostile reactivity: The role of "hot" vs. "cool" focus. *Psychological Science*, 443-448.

- Baker, D., Salinas, D., & Eslinger, P. (2012). An envisioned bridge: Schooling as a neurocognitive developmental institution. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 6-17.
- Bales, R., & Slater, P. (1955). Role differentiation in small decision making groups. En T. Parson, & R. Bales, *Family socialization and interaction process*. Glencoe, Ill: Free Press.
- Banaschewsk, T., & Brandeis, D. (2007). Annotation: What electrical brain activity tells us about brain function that other techniques cannot tell us--A child psychiatric perspective. *Journal of Child Psychology and Psychiatry.*, 415-435.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.
- Barceló, F. (2001). Does the Wisconsin Card Sorting Test measures prefrontal function? *The spanish journal of psychology*, 79-100.
- Bari, A., & Robbins, T. (2013). Inhibition and impulsivity: Behavioral and neural basis of response control. *Progress in Neurobiology*, 1-36.
- Barkley, R. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin.*, 65-94.
- Barlow, D. (2002). *Anxiety and its disorders: The nature and treatment of anxiety and panic*. New York: Guilford Press.
- Barratt, E., & Slaughter, L. (1998). Defining, measuring and predicting impulsive aggression. A heuristic model. *Behavioral Sciences and the Law*, 285-302.
- Basar, K., Sesia, T., Groenewegen, H., Steinbusch, H., Visser-Vandewalle, V., & Ternel, Y. (2010). Nucleus accumbens and impulsivity. *Progress in Neurobiology*, 533-557.
- Baum, S., & Payea, K. (2005). *CollegeBoard* . Recuperado el Noviembre de 2014, de http://www.collegeboard.com/prod_downloads/press/cost04/EducationPays2004.pdf
- Baumeister, R., & Heatherton, T. (1996). Self-regulation failure: an overview. *Psychological Inquiry*, 1-15.
- Bazana, P., & Stelmack, R. (2002). Intelligence and information processing during an auditory discrimination task with backward masking: An event-related potential analysis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 998-1008.

- Bechara, A., & Verdejo-García, A. (2010). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. *Psicothema*, 227-235.
- Bechara, A., Damasio, H., & Damasio, A. (2003). Role of the amygdala in decision-making. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 356-369.
- Becker, G., & Tomes, N. (1976). Child endowments and the quantity and quality of children. *The Journal of Political Economy*, 84(4), 143-450.
- Bellgrove, M., Hester, R., & Garavan, H. (2004). The functional neuroanatomy of response variability: evidence from a response inhibition task. *Neuropsychologia*, 1910-1916.
- Belvis-Pons, E., Moreno-Andrés, M., & Ferrer-Julia, F. (2009). Los factores explicativos del éxito y fracaso académico en las universidades españolas, en los años del cambio hacia la convergencia europea. *Revista Española de Educación Comparada*, 15, 61-92.
- Benjamin, A. (2008). Memory is more than just remembering: Strategic control of encoding, accessing memory, and making decisions. En A. Benjamin, & B. Ross, *The Psychology of Learning and Motivation: Skill and Strategy in Memory Use (Vol. 48)* (págs. 175-223). London: Academic Press.
- Benjamin, A., & Bird, R. (2006). Metacognitive control of the spacing of study repetitions. *Journal of Memory and Language*, 126-137.
- Biggs, J. (1993). What do inventories of students' learning processes really measure? A theoretical review and clarification. *British Journal of Educational Psychology*, 63, 3-19.
- Bishop, S., Duncan, J., & Lawrence, A. (2004). State anxiety modulation of the amygdala response to unattended threat-related stimuli. *Journal of Neuroscience*, 10364-10368.
- Bishop, S., Jenkins, R., & Lawrence, A. (2007). Neural processing of fearful faces: effects of anxiety are gated by perceptual capacity limitations. *Cerebral Cortex*, 1595-1603.
- Blair, C., & Diamond, A. (2008). Biological processes in prevention and intervention: the promotion of self-regulation as a means of preventing school failure. *Development and Psychopathology*, 899-911.
- Blair, C., & Razza, R. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 647-663.

- Blakemore, S., & Frith, U. (2005). *The learning brain: Lesson for education*. Oxford: Blackwell.
- Boehler, C., Appelbaum, L., Krebs, R., Hopf, J., & Woldorff, M. (2010). Pinning down response inhibition in the brain-conjunction analyses of the Stop-signal task. *NeuroImage*, 1621-1632.
- Bokura, H., Yamaguchi, S., & Kobayashi, S. (2001). Electrophysiological correlates for response inhibition in a Go/NoGo task. *Clinical Neurophysiology*, 2224-2232.
- Botvinick, M. (2007). Conflict monitoring and decision making: reconciling two perspectives on anterior cingulate function. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 356-366.
- Botvinick, M., Braver, T., Barch, D., Carter, C., & Cohen, J. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, 624-652.
- Bratko, D., Chamorro-Premuzic, T., & Saks, Z. (2006). Personality and school performance: Incremental validity of self- and peer-ratings over intelligence. *Personality and Individual Differences*, 131-142.
- Braver, T., Barch, D., Gray, J., Molfese, D., & Snyder, A. (2001). Anterior cingulate cortex and response conflict: Effects of frequency, inhibition and errors. *Cerebral Cortex*, 825-836.
- Briton, J., Taylor, S., Sudheimer, K., & Liberzon, I. (2006). Facial expressions and complex IAPS pictures: Common and differential networks. *NeuroImage*, 906-919.
- Bugental, D. B., & Johnston, C. (2000). Parental and child cognitions in the context of the family. *Annual Review Psychology*, 315-344.
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 205-228.
- Buodo, G., Sarlo, M., & Palomba, D. (2002). Attentional resources measured by reaction times highlight differences within pleasant and unpleasant, high arousing stimuli. *Motivation and Emotion*, 123-138.
- Bush, G., Luu, P., & Posner, M. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends of Cognitive Science*, 215-222.
- Cabero, J. (2000). *Nuevas tecnologías aplicadas a la educación*. Madrid: Síntesis.

- Cacioppo, J., Gardner, W., & Berntson, G. (1999). The affect system has parallel and integrative processing components: form follows function. *Journal of Personality and Social Psychology*, 839-855.
- Calderon, F. (2012). *6to informe de gobierno*. México: Gobierno Federal.
- Campos, J., Frankel, C., & Camras, L. (2004). On the nature of emotion regulation. *Child Development*, 377-394.
- Carpentier, C. (2003). Fracaso escolar. En J. Houssaye, *Cuestiones pedagógicas* (págs. 158-170). Paris: Siglo XXI.
- Carretie, L., Lopez-Martin, S., & Albert, J. (2009). Negative brain: an integrative review on the neural processes activated by unpleasant stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 57-63.
- Chambers, C., Bellgrove, M., Stokes, M., Henderson, T., Garavan H., Robertson, I., . . . Mattingley, J. (2006). Executive “Brake Failure” following Deactivation of Human Frontal Lobe. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 444-455.
- Cohen, N., Henik, A., & Mor, N. (2011). Can emotion modulate attention? Evidence for reciprocal links in the Attentional Network Test. *Experimental Psychology*, 171-179.
- Cohen, N., Henik, A., & Moyal, N. (2012). Executive Control Attenuates Emotional Effects—For High Reappraisers Only? *Emotion*, 970-979.
- College Board Tests Inc. (s.f.). SAT: Technical Manual. 1995. New York.
- Colom, R., Escorial, S., Shih, P., & Privado, J. (2007). Fluid intelligence, memory span, and temperament difficulties predict academic performance of young adolescents. *Personality and Individual Differences*, 1503-1514.
- Cruz, S. V. (2006). El Rendimiento Académico: Desde la Práctica de la Orientación Educativa. *Revista de Mexicana de Orientacion Educativa*, 4, 41-44.
- Cummings, J. (1995). Anatomic and behavioral aspects of frontal subcortical circuits. En J. Grafman, K. Holyoak, & F. Boller, *Structure and functions of the human prefrontal cortex* (págs. 1-13). New York: Annals of the New York Academy of Sciences.
- Cummings, J. L. (1993). Frontal-subcortical circuits and human behavior. *Archives of neurology*, 873-880.
- Curtis, C., & D’Esposito, M. (2003). Persistent activity in the prefrontal cortex during working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 415-423.

- Cuthbert, B., Schupp, H., Bradley, M., Birbaumer, N., & Lang, P. (2000). Brain potentials in affective picture processing: Covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology*, 95-111.
- Dalgleish, T. (2004). The emotional brain. *Nature Reviews. Neuroscience.*, 582-589.
- Damasio, A. R. (1995). *Descartes error: emotion, reason and the human brain*. New York: Grosset Putnam.
- D'Amico, A., & Guamera, M. (2005). Exploring working memory in children with low arithmetical achievement. *Learning and Individual Differences*, 189-202.
- Davidson, R., & Irwin, W. (1999). The functional neuroanatomy of affective style. *Trends in Cognitive Science*, 11-21.
- Davidson, R., Putnam, K., & Larson, C. (2000). Dysfunction in the Neural Circuitry of Emotion Regulation A Possible Prelude to Violence. *Science*, 591-594.
- Davis-Kean, P. (2005). The influence of parent education and family income on child achievement: The indirect role of parental expectations and the home environment. *Journal of Family Psychology*, 19, 294-304.
- De Pascalis, V., Varriale, V., & Matteoli, A. (2008). Intelligence and P3 components of the event-related potential elicited during an auditory discrimination task with masking. *Intelligence*, 35-47.
- Deary, L., Strand, S., Smith, P., & Fernandes, C. (2007). Intelligence and educational achievement. *Intelligence*, 13-21.
- Delgado, M., Gillis, M., & Phelps, E. (2008). Regulating the expectation of reward via cognitive strategies. *Nature Neurosciences*, 880-881.
- Dempster, F. (1991). Inhibitory processes: A neglected dimension of intelligence. *Intelligence*, 157-173.
- Dempster, F., & Cooney, J. (1982). Individual differences in digit span, susceptibility to proactive interference, and aptitude/achievement test scores. *Intelligence*, 399-416.
- Dempster, F., & Corkhill, A. (1999). Interference and inhibition in cognition and behaviour: Unifying themes for educational psychology. *Educational Psychology Review*, 1-88.
- Denckla, M. B. (1996). A theory and model of executive function: A neuropsychological perspective. En G. R. Lyon, & N. A. Krasnegor, *Attention, memory, and executive function* (págs. 263-278). Baltimore: Brookes.

- Denckla, M. B. (2007). Executive function. Binding together the definitions fo attention-deficit/hyperactivity disorder and learning disabilities. En L. Meltzer, *Executive function in education. Fron theory to practice* (págs. 5-18). New York: The Guilford Press.
- Dennis, T. (2010). Neurophysiological Markers for Child Emotion Regulation from the Perspective of Emotion-Cognition Integration: Current Directions and Future Challenges. *Developmental Neuropsychology*, 212-230.
- Dennis, T., Malone, M., & Chen, C. (2009). Emotional face processing and emotion regulation in children: An ERP study. *Developmental Neuropsychology*, 1-18.
- Dillon, D., & Pizzagalli, D. (2007). Inhibition of action, thought, and emotion: A selective neurobiological review. *Applied and Preventive Psychology*, 99-114.
- Diniz, A., Dias-Pocinho, M., & Silva-Almeida, L. (2011). Cognitive abilities, sociocultural background and academic achievement. *Psicothema*, 23, 695-700.
- Dolcos, F., Iordan, A., & Dolcos, S. (2011). Neural correlates of emotion-cognition interactions: A review of evidence from brain imaging investigations. *Journal of Cognitive Psychology*, 669-694.
- Dolcos, F., LaBar, K., & Cabeza, R. (2004). Dissociable effects of arousal and valence on prefrontal activity indexing emotional evaluation and subsequent memory: An event-related fMRI study. *Neuroimage*, 64-74.
- Donchin, E. (1981). Surprise!...Surprise? *Pshychophysiology*, 18, 493-513.
- Donchin, E., & Coles, M. (1988). Is the P300 component a manifestation of the context updating? *Behavioral Brain Science*, 35-372.
- Donchin, E., Karis, D., Bashore, T., Coles, M., & Gratton, G. (1986). Cognitive psychophysiology: systems, processes and applications. En M. Coles, E. Donchin, & S. Porges, *Psychophysiology: Systems, Processes, and Applications* (págs. 309-330). New York: The Guilford Press.
- Donkers, F., & van Boxtel, G. (2004). The N2 in go/no-go tasks reflects conflict monitoring not response inhibition. *Brain and Cognition*, 165-176.
- Drevets, W., & Raichle, M. (1998). Reciprocal suppression of regional cerebral blood flow during emotional versus higher cognitive processes: Implications for interactions between emotion and cognition. *Cognition and Emotion*, 353-385.
- Duckworth, A., & Seligman, M. (2005). Self-discipline outdoes IQ in predicting academic performance of adolescents. *Psychological Science*, 936-944.

- Duke, L., & Kaszniak, A. (2000). Executive functions in degenerative dementias. A comparative review. *Neuropsychology Review*, 75-99.
- Dumka, L., Gonzalez, N., Bonds, D., & Millsap, R. (2009). Academic success In Mexican origin adolescent boys and girls: The role of mothers' and fathers' parenting and cultural orientation. *Sex Roles*, 60, 588-599.
- Egan, V., Chiswick, A., Santosh, C., Naidu, K., Rimmington, J., & Best, J. (1994). Size isn't everything: A study of brain volume, intelligence, and auditory evoked potentials. *Personality and Individual Differences*, 357-367.
- Eggen, P., & Schellenberg, S. (2010). Human Memory and the New Science of Learning. En M. Swe Khine, & I. Saleh, *New Science of Learning. Cognition, Computers and Collaboration in Education* (págs. 79-107). New York: Springer.
- Eimer, M., & Holmes, A. (2002). An ERP study on the time course of emotional face processing. *Cognitive Neuroscience and Neuropsychology*, 427-431.
- Elliott, R., Rubinsztein, J., Calderon, G., Dolan, R., & Sahakian, B. (2004). Abnormal ventral frontal responses during performance of an affective Go/Nogo task in patients with mania. *Biological Psychiatry*, 1163-1170.
- Enriquez-Gueppert, S., Konrad, C., Pantev, C., & Huster, R. (2010). Conflict and inhibition differentially affect the N200/P300 complex in a combined go/nogo and stop-signal task. *Neuroimage*, 877-887.
- Eronen, S., Nurmi, J. E., & Salmela-Aro, K. (1998). Optimistic, defensive-pessimistic, impulsive and self-handicapping strategies in university environments. *Learning and Instruction*, 8, 159-177.
- Espinet, S., Anderson, J., & Zelazo, P. (2012). N2 amplitude as a neural marker of executive function in young children: An ERP study of children who switch versus perseverate on the Dimensional Change Card Sort. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 49-58.
- Espy, K., McDiarmid, M., Cwik, M., Stalets, M., Hamby, A., & Senn, T. (2004). The contribution of executive functions to emergent mathematical skills in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 465-486.
- Etkin, A., Egner, T., Peraza, D., Kandel, E., & Hirsch, J. (2006). Resolving emotional conflict: A role for the rostral anterior cingulate cortex in modulating activity in the amygdala. *Neuron*, 871-882.
- Falkenstein, M., Hoormann, J., & Hohnsbein, J. (1999). ERP components in the go/no-go tasks and their relation to inhibition. *Acta Psychologica*, 267-291.

- Fink, A., & McCown, W. (1993). Impulsivity in children and adolescents: Measurement, causes and treatment. En W. McCown, M. Shure, & J. Johnson, *The impulsive client, theory, research and treatment*. (págs. 279-308). Washington, DC.: American Psychological Association.
- Fjell, A., & Walhovd, K. (2001). P300 and neuropsychological tests as measures of aging: Scalp topography and cognitive changes. *Brain Topography*, 25-45.
- Flores, J. C., & Ostrosky-Solis, F. (2008). Neuropsicología de Lóbulos Frontales, Funciones Ejecutivas y Conducta Humana. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 47-58.
- Folstein, J., & Van Petten, C. (2008). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: A review. *Psychophysiology*, 152-170.
- Forbes, C. E., Poore, J. C., & Grafman, J. (2011). Contributions of the prefrontal cortex to social cognition and moral judgment processes. En R. Ebstein, S. Shamay-Tsoory, & H. S. Chew, *From DNA to Social Cognition* (págs. 93-110). New Jersey: John Wiley and Sons Incl.
- Foti, D., & Hajcak, G. (2008). Deconstructing reappraisal: Descriptions preceding arousing pictures modulate the subsequent neural response. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 977-988.
- Frey, M., & Detterman, D. K. (2004). Scholastic assessment or g? The relationship between the SAT and general cognitive ability. *Psychological Science*, 373-378.
- Fuster, J. M. (2001). The prefrontal cortex an update: time is of the essence. *Neuron*, 319-333.
- Fuster, J. M. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology*, 31., 373-385.
- Fuster, J. M. (2008). *The prefrontal cortex*. London: Academic Press Elsevier.
- Garavan, H., Hester, R., Murphy, K., Fassbender, C., & Kelly, C. (2006). Individual differences in the functional neuroanatomy of inhibitory control. *Brain Research*, 130-142.
- Garavan, H., Ross, T., Murphy, K., Roche, R., & Stein, E. (2002). Dissociable Executive Functions in the Dynamic Control of Behavior: Inhibition, Error Detection, and Correction. *NeuroImage*, 1820-1829.

- Garbanzo, G. M. (2007). Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes universitarios, una reflexión sobre la calidad de la educación superior pública. *Revista Educación. Universidad de Costa Rica*, 31(1), 46-63.
- García-Molina, A., Enseñat-Cantalops, A., Tirapu-Ustároz, J., & Roig-Rovira, T. (2009). Maduración de la corteza prefrontal y desarrollo de las funciones ejecutivas durante los primeros cinco años de vida. *Revista de Neurología*, 435-440.
- Gaté, J.-P. (2003). Aprender. En J. Houssaye, *Cuestiones pedagógicas* (págs. 23-31). París: Siglo XXI.
- Gathercole, S., Brown, L., & Pickering, S. (2003). Working memory assessments at school entry as longitudinal predictors of national curriculum attainment levels. *Educational and Child Psychology*, 109-122.
- Geake, J. (2009). *The Brain at School. Educational neuroscience in the classroom*. Berkshire, England: Mc Graw Hill. Open University Press.
- Gernsbacher, M. (1993). Less skilled readers have less efficient suppression mechanisms. *Psychological Science*, 294-298.
- Gibbs, S., & D'Esposito, M. (2005). Individual capacity differences predict working memory performance and prefrontal activity following dopamine receptor stimulation. *Cognitive Affective Behavior Neuroscience*, 212-221.
- Gioia, G., Isquith, P. K., Guy, S. C., & Kenworthy, L. (2000). *Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF)*. Lutz, Florida: Psychological Assessment Resources.
- Girón-Cruz, L., & González-Gómez, D. (2005). Determinantes del rendimiento académico y la deserción estudiantil, en el programa de economía de la pontificia universidad de cali. *Economía, Gestión y Desarrollo*(3), 173-201.
- Goldberg, E. (2002). *El cerebro ejecutivo. Lóbulos frontales y mente civilizada*. Madrid: Ed. Drakontos.
- Gómez Sanchez, D., Oviedo Marin, R., & Martínez López, E. (2011). Factores que influyen en el rendimiento académico del estudiante universitario. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 90-97.
- González-Garrido, A., Ramos-Loyo, J., López-Franco, A., & Gómez-Velázquez, F. (2009). Visual processing in a facial emotional context: an ERP study. *International Journal of Psychophysiology*, 25-30.
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: from research to practice? *Nature Reviews Neuroscience*, 2-7.

- Gotlib, I., Krasnoperova, E., Yue, D., & Joormann, J. (2004). Attentional biases for negative interpersonal stimuli in clinical depression. *Journal of Abnormal Psychology*, 127-135.
- Grafman, J., Holyoak, K. J., & Boller, F. (1995). Structure and functions of the human prefrontal cortex. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 769.
- Greenhouse, L., Oldenkamp, C., & Aron, A. (2012). Stopping a response has global or non-global effects on the motor system depending on preparation. *Journal of Neurophysiology*, 384-392.
- Grillon, C., & Baas, J. (2003). A review of the modulation of the startle reflex by affective states and its application in psychiatry. *Clinical Neurophysiology*, 1557-1579.
- Groen, Y., Wijers, A., Mulder, L., Waggeveld, B., Minderaa, R., & Althaus, M. (2008). Error and feedback processing in children with ADHD and children with Autistic spectrum disorder: an EEG event-related potential study. *Clinical Neurophysiology*, 2476-2493.
- Groenewegen, H. J., & Uylings, H. (2000). The prefrontal cortex and the integration of sensory, limbic, and autonomic information. En H. Uylings, C. V. Eden, J. D. Bruin, M. Feenstra, & C. Pennartz, *Cognition, Emotion and autonomic responses: the integrative role of the prefrontal cortex and limbic structures* (págs. 3-28). Amsterdam: Elsevier.
- Hajcak, G., Weinberg, A., MacNamara, A., & Foti, D. (2012). ERPs and the Study of Emotion. En S. Luck, & E. Kappenman, *The Oxford Handbook of Event-Related Potentials* (págs. 441-475). Oxford, New York: Oxford University Press.
- Hall, J., Bernat, E., & Patrick, M. (2007). Externalizing psychopathology and the error related negativity. *Psychological Science*, 326-333.
- Hare, T., Tottenham, N., Galvan, A., Voss, H., Glover, G., & Casey, B. (2008). Biological substrates of emotional reactivity and regulation in adolescence during an emotional go-nogo task. *Biological Psychiatry*, 927-934.
- Hariri, A., Mattay, V., Tessitore, A., Fera, F., & Weinberger, D. (2003). Neocortical Modulation of the Amygdala Response to Fearful Stimuli. *Biological Psychiatry*, 494-501.
- Heatherington, T., & Wagner, D. (2011). Cognitive neuroscience of self-regulation failure. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(3), 132-139.
- Heaton, S. K., & Thompson, L. L. (1995). *Wisconsin Card sorting Test; individual practice in administration and scoring*. U.S.A.: Psychological Assessment Resources, Inc.

- Heikkilä, A., & Lonka, K. (2006). Studying in higher education: students approaches to learning, self regulation and cognitive strategies. *Studies in Higher Education*, 31(1), 99-117.
- HELMANTICA, G. (1996). Atribuciones de los alumnos acerca del bajo rendimiento en la Universidad. En J. Rodríguez Diéguez, & F. Tejedor Tejedor, *Evaluación educativa. I Evaluación de los aprendizajes de los alumnos* (págs. 65-82). Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Hernandez, R. (1998). *Metodología de la investigación*. México: MacGrawHill Interamericana.
- Hester, R., Fassbender, C., & Garavan, H. (2004). Individual differences in error processing: A review and reanalysis of three event-related fMRI studies using the GO/NOGO task. *Cerebral Cortex*, 986-994.
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Molt, R. W., O'Leary, K. C., Johnson, C. R., Scuder, M. R., . . . Castelli, D. M. (2012). From ERPs to academics. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 90-98.
- Hirsh, J. B., & Inzlicht, M. (2010). Error-related negativity predicts academic performance. *Psychophysiology*, 192-196.
- Hofer, M., Kuhnle, C., Kilian, B., & Fries, S. (2012). Cognitive ability and personality variables as predictors of school grade scores in adolescents. *Learning and Instruction*, 368-375.
- Hoff, E. (2003). The specificity of environmental influence: Socioeconomic status affects early development via maternal speech, . *Child Development*, 1368-1378.
- Hoff-Ginsberg, E. (1991). Mother-child conversations in different social classes and communicative settings. *Child Development*, 782-796.
- Holroyd, C. B., Peterson, J. B., Lee, A. G., & Pihl, R. O. (2002). The neural basis of human error processing: Reinforcement learning, dopamine, and the error related negativity. *Psychological Review*, 679-709.
- Howard-Jones, P. (2010). *Investigación neuroeducativa. Neurociencia, educación y cerebro: de los contextos a la práctica*. Routledge, Estados Unidos y Canadá: La Muralla, S.A.
- Hu, S., & John, E. (2001). Student persistence in a public higher education system: Understanding racial and ethnic difference. *The Journal of Higher Education*, 256-286.

- Huster, R., Enriquez-Geppert, S., Lavallee, C., Falkenstein, M., & Herrmann, C. (2012). Electroencephalography of response inhibition tasks: Functional networks and cognitive contributions. *International Journal of Psychophysiology*, 1-17.
- Ilan, A., & Polich, J. (1999). P300 and response time from a manual Stroop task. *Clinical Neurophysiology*, 367-881.
- Ishitani, T., & DesJardins, S. (2002-2003). A longitudinal investigation of dropout from college in the United States. *Journal of College Student Retentions*, 173-201.
- Ishitani, T., & Snident, K. (2006). Longitudinal effects of college preparation programs on college retention. *IR Applications*, 1-10.
- Isquith, P., & Gioia, G. (2000). BRIEF predictions of ADHD: Clinical utility of the behavior rating inventory of executive function for detection in ADHD subtypes in children. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 780-781.
- Jackson, D., Mueller, C., Dolski, I., Dalton, K., Nitschke, J., & Urry, H. (2003). Now you feel it, now you don't: Frontal brain electrical asymmetry and individual differences in emotion regulation. *Psychological Science*, 612-617.
- Jensen, A. R. (1998). *The g factor: the science of mental ability*. Westport, CT.: Praeger.
- Jiménez, C., Murga, M., Gil, J., Téllez, J., & Trillo, M. (2010). Hacia un modelo sociocultural explicativo del alto rendimiento y la alta capacidad: ámbito académico y capacidades personales. *Educación XXI*, 13(1), 125-153.
- Jiménez, M. (2000). Competencia social: intervención preventiva en la escuela. *Infancia y Sociedad*, 21-48.
- Jódar, V. (2004). Funciones cognitivas del lóbulo frontal. *Revista de Neurología*, 178-182.
- Johnson, R. (1986). A triarchic model of P300 amplitude. *Psychophysiology*, 367-384.
- Johnstone, S., Dimoska, A., Smith, J., Barry, R., Pleffer, C., & Chiswick, D. (2007). The development of stop-signal and Go/NoGo response inhibition in children aged 7-12 years: performance and event related potential indices. *International Journal of Psychophysiology*, 25-38.
- Jonkman, L., Sniedt, F., & Kemmer, C. (2007). Source localization of the no-go-N2: a developmental study. *Clinical Neurophysiology*, 1069-1077.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood-Cliffs: Prentice Hall.
- Kamarajan, C., Porjesz, B., Jones, K., Chorlian, D., Padmanabhapillai, A., & Rangaswamy, M. (2005). Spatial-anatomical mapping of NoGo-P3 in the offspring of alcoholics:

evidence of cognitive and neural disinhibition as a risk of alcoholism. *Clinical Neurophysiology*, 1049-1061.

- Kappenman, E., & Luck, S. (2012). ERP components: the up and downs in brainwave recordings. En S. Luck, & E. Kappenman, *The Oxford Handbook of Event-Related Potentials Components* (págs. 3-30). Oxford: Oxford University Press.
- Kaufman, C. (2010). *Executive function in the classroom. Practical strategies for improving performance and enhancing skills for all students*. Baltimore, Maryland: Paul H. Brookes Publishing Co.
- Kelly, C., & Garavan, H. (2005). Human functional neuroimaging of brain changes associated with practice. *Cerebral Cortex*, 1089-1102.
- Kerns, J., Cohen, J., MacDonald, A., Cho, R., Stenger, V., & Carter, C. (2004). Anterior cingulate conflict monitoring and adjustments in control. *Science*, 1023-1026.
- Kim, S., & Hammann, S. (2007). Neural correlates of positive and negative emotion regulation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 776-798.
- Kim, U., & Park, Y. (2006). Indigenous psychological analysis of academic achievement in Korea: The influence of self-efficacy, parents, and culture. *International Journal of Psychology*, 41(4), 287-291.
- Klenberg, L., Korkman, M., & Lahti-Nuutila, P. (2001). Differential developments of attention and executive functions in 3- to 12- year-old Finnish children. *Developmental Neuropsychology*, 407-428.
- Kline, P. (1990). *Intelligence: The psychometric view*. London: Routledge.
- Kok, A. (1997). Internal and external control: a two-factor model of amplitude change of event-related potentials. *Biological Psychology*, 19-56.
- Kok, A. (2001). On the utility of P3 amplitude as a measure of processing capacity. *Psychophysiology*, 57-77.
- Kok, A., Ramautar, J., De Ruiter, M., Band, G., & Ridderinkhof, K. (2004). ERP components associated with successful and unsuccessful stopping in a stop-signal task. *Psychophysiology*, 9-20.
- Kolb, B. (1990). Prefrontal cortex. En B. Kolb, & R. C. Tees, *The Cerebral Cortex of the Rat* (págs. 437-458). Cambridge: The MIT Press.
- Konopka, A., & Benjamin, A. (2009). Schematic knowledge changes what judgments of learning predict in a source memory task. *Memory and Cognition*, 42-51.

- Kramer, J. H., & Quitania, L. (2007). Beside frontal lobe testing. En B. L. Miller, & J. L. Cummings, *The Human Frontal Lobes. Functions and Disorders* (págs. 279-305). New York: The Guilford Press.
- Krämer, U., Knight, R., & Münte, T. (2011). Electrophysiological evidence for different inhibitory mechanisms when stopping or changing a planned response. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2481-2493.
- Krumm, S., Lipnevich, A., Schmith-Atzert, L., & Bühner, M. (2012). Relational integration as a predictor of academic achievement. *Learning and Individual Differences*, 759-769.
- Krumm, S., Ziegler, M., & Bühner, M. (2008). Reasoning and working memory as predictors of school grades. *Learning and Individual Differences*, 248-257.
- Kuncel, N., Hezlett, S., & Ones, D. (2001). A comprehensive meta-analysis of the predictive validity of the graduate record examinations: Implications for graduate student selection and performance. *Psychological Bulletin*, 162-181.
- Lamm, C., & Zelazo, P. (2006). Neural correlated of cognitive control un childhood and adolescence: disentagling the contributions of age and executive function. *Neuropsychologia*, 2139-2148.
- Lang, P., Bradley, M., & Cuthbert, B. (2008). *International affective picture system (IAPS): affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-8*. Gainesville, FL: University of Florida.
- Latiesa, M. (1992). *La desercion universitaria*. CIS, Madrid. GIROUX, H: Teoría y resistencia en educación. Siglo XXI Editores, Madrid.
- Lavric, A., Pizzagalli, D., & Forstmeier, S. (2004). When ‘go’ and ‘nogo’ are equally frequent: ERP components and cortical tomography. *European Journal of Neuroscience*, 2483-2488.
- LeDoux, J. (1995). Emotion—Clues from the brain. *Annual Review of Psychology*, 209-235.
- LeDoux, J. (1998). *The emotional brain*. New York: Simon and Schuster.
- LeDoux, J. (1993). Emotional memory systems in the brain. *Behavioral Brain Research*, 69-79.
- Levesque, J., Eugene, F., Joannette, Y., Paquette, V., Mensour, B., & Beaudoin, G. (2003). Neural circuitry underlying voluntary suppression of sadness. *Biological Psychiatry*, 502-510.

- Levy, R., & Goldman-Rakic, P. (2000). Segregation of working memory functions within the dorsolateral prefrontal cortex. *Experimental Brain Research*, 23-32.
- Lewis, M. (2005). Bridging emotion theory and neurobiology through dynamic systems modeling. *Behavioral and Brain Sciences.*, 169-245.
- Lezak, M. (1995). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press.
- Lindström, B., & Bohlin, G. (2012). Threat-Relevance Impairs Executive Functions: Negative Impact on Working Memory and Response Inhibition. *Emotion*, 384-393.
- López Rupérez, F. (2009). Prólogo Neurociencia y Educación. En T. Ortiz Alonso, *Neurociencia y Educación* (págs. 13-14). Madrid: Alianza Editorial.
- Luria, A. R. (1966). *Higher cortical functions in man (B. Haigh, Trans.)*. New York: Basic Books and Plenum Press.
- Luu, P., & Tucker, D. (2004). Self-regulation by the medial frontal cortex: Limbic representation of motive setpoints. En M. Beauregard, *Consciousness, emotional self-regulation and the brain*. (págs. 123-161). Amsterdam, Netherlands: John Benjamins Publishing Company.
- Mackintosh, N. (1998). *IQ and Human Intelligence*. Oxford: Oxford University Press.
- Majluf, A. (1993). *Marginalidad, inteligencia y rendimiento escolar*. Lima: Brandon Enterprise.
- Maki, P., & Resnick, S. (2001). Effects of estrogen on patterns of brain activity at rest and during cognitive activity: a review of neuroimaging studies. *NeuroImage*, 789-801.
- Malo, S. (2005). *La educación superior en el nuevo milenio*. México: CENEVAL.
- Marchesi, A., & Hernández, C. (2003). *El fracaso escolar. Una perspectiva internacional*. España: Alianza.
- Marchesi, A., & Pérez, E. (2003). La comprensión del fracaso escolar. En A. Marchesi, & C. Hernández Gil, *El fracaso escolar. Una perspectiva internacional*. (págs. 25-50). Madrid: Alianza Editorial.
- Marcovich, S., Jacques, S., Boseovski, J., & Zelazo, P. (2008). Self-reflection and the cognitive control of behavior: implications for learning. *Mind, Brain and Education*, 136-141.
- Martín del Buey, F., & Romero, M. (2003). Influencia de las expectativas en el rendimiento académico. *Aula Abierta*, 99-110.

- Martínez, V. O. (1997). *Los adolescentes ante el estudio. Causas y consecuencias del rendimiento académico*. España: Fundamentos.
- McClelland, M., Cameron, C., Connor, C., Farris, C., Jewkes, A., & Morrison, F. (2007). Links between behavioral regulation and preschoolers' literacy, vocabulary, and math skills. *Developmental Psychology*, 947-959.
- McDermott, J., Westerlund, A., Zeanah, C., Nelson, C., & Fox, N. A. (2012). Early adversity and neural correlates of executive function: Implications for academic adjustment. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 59-66.
- McDermott, P., Mordell, M., & Stoltzfus, J. C. (2001). The organization of student performance in American schools: discipline, motivation, verbal learning, and nonverbal learning. *Journal of Educational Psychology*, 65-76.
- Mega, M. S., & Cummings, M. D. (2001). Frontal subcortical circuits. En S. P. Salloway, P. F. Malloy, & J. D. Duffy, *The frontal lobes and neuropsychiatric illness* (págs. 15-32). London: American Psychiatric J.D.PUBLISHING.
- Meltzer, L., Sales, L., & Barzillai, M. (2007). Executive function in the classroom. Embedding strategy instruction into daily teaching. En L. Meltzer, *Executive function in education. From theory to practice*. New York: The Guilford Press.
- Mendoza Rojas, J. (2004). *Panorama de la Educación Superior en México*. México: ANUIES.
- Mendoza Rojas, J. (2005). Más allá del papel y el discurso. *Panorama de la Educación Superior en México y propuestas para su desarrollo* (págs. 587-608). México: ANUIES.
- Meneses, S. (2001). Neurofisiología de la atención: potenciales relacionados a eventos. En V. Alcaraz, & E. Gúma, *Texto de Neurociencias Cognitivas*. (págs. 81-109). México, D.F.: Manual Moderno.
- Mesulam, M. M. (2002). The human frontal lobes: transcending the default mode through contingent encoding. En D. T. Stuss, & R. T. Knight, *Principles of frontal lobe function* (págs. 8-30). Oxford: Oxford University Press.
- Metcalf, J. (2002). Is study time allocated selectively to a region of proximal learning? *Journal of Experimental Psychology: General*, 349-363.
- Miller, B. A., & Cummings, J. L. (2007). *The Human Frontal Lobes. Functions and Disorders*. The Guilford Press.

- Mitchell, D., Luo, Q., Mondillo, K., Vythilingam, M., Finger, E., & Blair, R. (2008). The interference of operant task performance by emotional distracters: An antagonistic relationship between the amygdala and frontoparietal cortices. *NeuroImage*, 859-868.
- Miyake, A., & Friedman, N. (2012). The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, 8-14.
- Miyake, A., Friedman, N., Emerson, M., Witzki, M., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 49-100.
- Moffitt, T., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R., Harrington, H., . . . Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2693-2698.
- Molina, S. G. (1997). *El fracaso en el aprendizaje escolar. I. Dificultades globales de tipo adaptativo*. Málaga: Ediciones Aljibe.
- Moral de la Rubia, J. (2006). Predicción del rendimiento académico universitario. *Psicología y Ciencia Social*, 43-61.
- Morita, M., Nakahara, K., & Hayashi, T. (2004). A rapid presentation event-related functional magnetic resonance imaging study of response inhibition in macaque monkeys. *Neuroscience Letters*, 203-206.
- Mostofsky, S., Schafer, J., Abrams, M., Goldberg, M., Flower, A., Boyce, A., . . . Pekar, J. (2003). fMRI evidence that the neural basis of response inhibition is task-dependent. *Brain Research*, 419-430.
- Muñiz Fernández, J., & Fernández Hermida, J. (2010). La opinión de los psicólogos españoles sobre el uso de los tests. *Papeles del psicólogo*, 108-121.
- Näätänen, R., & Picton, T. (1986). N2 and automatic versus controlled processes. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 169-186.
- Navarro, R. (2003). El rendimiento académico: concepto, investigación y desarrollo. *REICE - Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 1(2).
- Naylor, R., & Smith, J. (2004). Determinants of educational success in higher education. En G. Jhones, & J. Jhones, *International Handbook on the Economics of Education*. United Kingdom: Edward Elgar, Cheltenham.

- Nieto, M. S., & Recamán, A. P. (2012). Hacia una mayor comprensión global del rendimiento académico a través de las pruebas PISA: contraste de tres hipótesis a partir de unos datos empíricos. *Educación XXI*, 15(1), 157-178.
- Nieuwenhuis, S., Holroyd, C., Mol, N., & Coles, M. (2004). Reinforcement-related brain potentials from medial frontal cortex: Origins and functional significance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 441-448.
- Nieuwenhuis, S., Yeung, N., Van Den Wildenberg, W., & Riddenrinkhof, K. (2003). Electrophysiological correlates of anterior cingulate function in a go/no-go task: Effects of response conflict and trial type frequency. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 17-26.
- Noble, K., Korgaonkar, M., Grieve, S., & Brickman, A. (2013). Higher Education is an Age-Independent Predictor of White Matter Integrity and Cognitive Control in Late Adolescence. *Developmental Science*, 653-664.
- Norman, D., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. En R. Davidson, G. Schwartz, & D. Shapiro, *Consciousness and self-regulation: Advances in research and theory (Vol.4)* (págs. 1-18). New York: Plenum.
- Nurmi, J. E., Aunola, K., Salmela-Aro, K., & Lindroos, M. (2003). The roles of success expectation and task-avoidance in academic achievement and satisfaction: Three studies on antecedents, consequences and correlates. *Contemporary Educational Psychology*, 28, 59-90.
- Oberauer, K., Süß, H., Wilhelm, O., & Whittmann, W. (2008). Which working memory functions predict intelligence? *Intelligence*, 641-652.
- OCDE-CERI. (2001). *L'école de demain. Quel avenir pour nos écoles? [La escuela de mañana: ¿Qué será de nuestras escuelas?* París: OCDE. Obtenido de www1.oecd.org/publications/e-book/9601112e.pdf
- Ochsner, K., Ray, R., Cooper, J., Robertson, E., Chopra, S., & Gabrieli, J. (2004). For better or for worse: neural systems supporting the cognitive down- and up-regulation of negative emotion. *Neuroimage*, 417-424.
- OECD. (2007). *Understanding the Social Outcomes of Learning*. OECD.
- OECD. (2009). *Reviews of regional innovation: 15 Mexican states*. OECD.
- Organización Panamericana de la Salud. (1995). *Clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud*. Washington, DC.: OPS.

- Otten, L., & Rugg, M. (2005). Interpreting Event-Related Brain Potentials. En T. Handy, *Event-Related Potentials. A Methods Handbook* (págs. 3-16). Cambridge, Massachusetts. London, England: A Bradford Book. The MIT Press.
- Papazian, O., Alfonso, I., & Luzondo, R. (2006). Trastornos de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurologia*, 45-49.
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 44-57.
- Patel, S., & Azzam, P. (2005). Characterization of N200 and P300: Selected Studies of the Event-Related Potential. *International Journal of Medical Sciences*, 147-154.
- Paus, T., Petrides, M., Evans, A., & Meyer, E. (1993). Role of the human anterior cingulate cortex in the control of oculomotor, manual, and speech responses: a positron emission tomography study. *Journal of Neurophysiology*, 453-469.
- Pennington, B., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51-87.
- Pessoa, L. (2009). How do emotion and motivation direct executive control? *Trends in Cognitive Sciences*, 160-166.
- Pessoa, L., Kastner, S., & Ungerleider, L. (2002). Attentional control of the processing of neutral and emotional stimuli. *Cognitive Brain Research*, 31-45.
- Petrides, M., & Pandya, D. (1994). Comparative architectonic analysis of the human and macaque frontal cortex. En F. Boller, & J. Grafman, *Comparative architectonic analysis of the human and macaque frontal cortex* (págs. 17-57). Amsterdam: Elsevier.
- Phan, K., Wager, T., Taylor, S., & Liberzon, I. (2002). Functional neuroanatomy of emotion: a metaanalysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *Neuroimage*, 331-348.
- Picton, T., Stuss, D., Alexander, M., Shallice, T., Binns, M., & Gillingham, S. (2007). Effects of focal frontal lesions on response inhibition. *Cerebral Cortex*, 826-838.
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. En M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner, *Handbook of self-regulation* (págs. 451-502). Academic Press.
- Piotrowski, C., & Gallant, N. (2009). Research Use of Clinical Measures for Anxiety in the Recent Psychological Literature. *Journal of Instructional Psychology*, 84-86.

- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 2128-2148.
- Polich, J. (2012). Neuropsychology of P300. En S. Luck, & E. Kappenman, *The Oxford Handbook of Event-Related Potentials Components*. (págs. 159-187). Oxford. New York.: Oxford University Press.
- Polich, J., & Kok, A. (1995). Cognitive and biological determinants of P300: an integrative review. *Biological Psychology*, 103-146.
- Polich, J., Alexander, J., Bauer, L., Kuperman, S., Rohrbaugh, J., & Mozarati, S. (1997). P300 topography of amplitude/latency correlations. *Brain Topography*, 275-282.
- Polish, J. (1997). On the relationship between EEG and P300: individual differences, aging, and ultradian rhythms. *International Journal of Psychophysiology*, 334-353.
- Porcel, E., Dapozo, G., & López, M. (2010). Predicción del rendimiento académico de alumnos de primer año de la FACENA (UNNE) en función de su caracterización socioeducativa. *Scielo*.
- Porto, A., & Di Gresia, L. (Abril de 2000). Características y rendimiento de estudiantes universitarios. El caso de la Facultad de Ciencias Economicas de la Universidad Nacional de La Plata. *Documento de Trabajo*, 24.
- Potts, G., Martin, L., Burton, P., & Montague, P. (2006). When things are better or worse than expected: The medial frontal cortex and the allocation of processing resources. *Journal of Cognitive Neur*, 1112-1119.
- Pribram, K. (1960). A review of theory in physiological psychology. *Annual Review of Psychology*, 1-40.
- Pribram, K. (1997). The work in working memory: Implications for development. En N. Krasnegor, G. Lyon, & P. Goldman-Rakic, *Development of the prefrontal cortex* (págs. 359-378). Baltimore: Brookes.
- Pritchard, W. S. (1981). Psychophysiology of P300. *Psychology Bulletin*, 506-540.
- Ramnani, N., & Owen, A. M. (2004). Anterior prefrontal cortex: insights into function from anatomy and neuroimagen. *Nature Reviews Neuroscience*, 184-194.
- Ramos- Loyo, J., Hernández Villalobos, J., & González Garrido, A. (2013). Influencia del contexto emocional en tareas de inhibición en adolescentes con alto y bajo índice de regulación conductual. *En prensa*.

- Ramos-Loyo, J., González-Garrido, A., García-Aguilar, G., & Del Río-Portilla, Y. (2013). The Emotional Content of a Faces Interferes with Inhibitory Processing: An Event Related Potential Study. *International Journal of Psychological Studies*, 52-65.
- Ramos-Loyo, J., González-Garrido, A., Sánchez-Loyo, L., Medina, V., & Basar-Eroglu, C. (2009). Event-related potentials and event-related oscillations during identity and facial emotional processing in schizophrenia. *Journal of Psychophysiology*, 84-90.
- Randall, W., & Smith, J. (2011). Conflict and inhibition in the cued-Go/NoGo task. *Clinical Neurophysiology*, 2400-2407.
- Razza, R., Martin, A., & Brooks-Gunn, J. (2010). Associations among family environment, sustained attention, and school readiness for low income children. *Developmental Psychology*, 1528-1542.
- Repetto, T. (1984). Inteligencia, personalidad y rendimiento académico: un análisis de correlación canónica. *Tercer Seminario Iberoamerica de Orientacion Escolar y profesional*. Morelia, Mich.
- Rindermann, H., & Neubauer, A. (2001). The influence of personality on three aspects of cognitive performance: processing speed, intelligence and school performance. *Personality and Individual Differences*, 829-842.
- Rivière, R. (1990). Exito y fracaso escolar en Europa. *Siglo Cero*(131), 12-63.
- Robbins, S., Lauver, K., Le, H., Davis, D., Langley, R., & Carlstrom, A. (2004). Do psychosocial and study skill factors predict college outcomes? A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 207-231.
- Robinson, M. (2007). Gassing, braking, and self-regulating: Error self regulation well-being, and goal-related processes. *Journal of Experimental Social Psychology*, 1-16.
- Rodríguez Fornells, A., & Maydeu Olivares, A. (2000). Impulsive/careless problem solving style as predictor of subsequent academic achievement. *Personality and Individual Differences*, 639-645.
- Rohde, T. E., & Thompson, L. A. (2007). Predicting academic achievement with cognitive ability. *Intelligence*, 83-92.
- Rolls, E. (1999). *The Brain and Emotion*. Oxford: Oxford University Press.
- Rose, J. E., & Woosley, C. N. (1948). The orbitofrontal cortex and its connections with the mediodorsal nucleus in rabbit, sheep and cat. *Research Publications - Association for Research in Nervous and Mental Disease*, 210-232.

- Rubia, K., Smith, A., Taylor, E., & Brammer, M. (2007). Linear age-correlated functional development of right inferior fronto-striato-cerebellar networks during response inhibition and anterior cingulate during error-related processes. *Human brain mapping*, 1163-1177.
- Rueda, R., Lim, J., O'Neil, H., Griffin, N., Bockman, S., & Sirotniñ, B. (2010). Ethnic Differences on Students' Approaches to Learning: Self-Regulatory Cognitive and Motivational Predictors of Academic Achievement for Latino/a and White College Students. En M. Khine, & I. Saleh, *New Science of Learning. Cognition, Computers and Collaboration in Education* (págs. 133-162). New York: Springer.
- Salas, S. R. (1998). Enfoques de aprendizaje entre estudiantes universitarios. *Estudios pedagógicos*, 24, 59-78.
- Sanquist, T., Rohrbaught, J., & Syndlulko, K. (1980). An event-related potential analysis of coding processes in human memory. *Progress in Brain Research*, 655-660.
- Sattler, J. (1982). Age effects on the Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised tests. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 785-786.
- Sbordone, R. (2000). The executive functions of the brain. En G. Groth-Marnat, *Neuropsychological assessment in clinical practice: A guide to test interpretation and integration* (págs. 437-456). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Schulz, K., Clerkin, S., Halperin, J., Newcorn, J., Tang, C., & Fan, J. (2009). Dissociable neural effects of stimulus valence and preceding context during the inhibition of responses to emotional faces. *Human Brain Mapping*, 2021-2033.
- Schweizer, K. (2005). An overview of research into the cognitive basis of intelligence. *Journal of Individual Differences*, 43-51.
- Shafritz, K., Collins, S., & Blumberg, H. (2006). The interaction of emotional and cognitive neural systems in emotionally guided response inhibition. *Neuroimage*, 468-475.
- Solovieva, Y., Quintanar, L., & Lázaro, E. (2002). Evaluacion neuropsicologica de escolares rurales y urbanos desde la aproximacion de Luria. *Revista Española de Neuropsicologia*, 217-235.
- Son, L. (2004). Spacing one's study: Evidence for a metacognitive control strategy. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 601-604.
- Speer, N., Jacoby, L., & Braver, T. (2003). Strategy-dependent changes in memory: effects on behavior and brain activity. *Cognitive Affective Behavioral Neuroscience*, 155-167.

- Spörer, N., Brunstein, J. C., & Glaser, C. (2006). Aufmerksamkeitskontrolle als Indikator der Selbstregulation und ihr Einfluss auf Schulleistungen: Ergebnisse einer Längsschnittanalyse [Attention control as an indicator of self-regulation and its influence on school results: results of a longitudinal ana. *Psychologie in Erziehung und Unterricht [Psychology in Education and Instruction]*, 1-11.
- Stelmack, R., & Houlihan, M. (1995). Event-related potentials, personality, and intelligence: Concepts, issues, and evidence. En D. Saklofske, & M. Zeidner, *International handbook of personality and intelligence* (págs. 349-365). New York: Plenum Press.
- Stevens, C., & Bavelier, D. (2012). The role of selective attention on academic foundations: A cognitive neuroscience perspective. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 30-48.
- Stuss, D. (2011). Functions of the Frontal Lobes: Relation to Executive Functions. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 759-765.
- Stuss, D., & Knight, R. (2002). *Principles of frontal lobe function*. New York: Oxford University Press.
- Tejedor, F. J. (2003). Poder explicativo de algunos determinantes del rendimiento en los estudios universitarios. *Revista Española de Pedagogía*, 5-32.
- Tejedor, F. T., & Muñoz, A. R. (2007). Causas del bajo rendimiento del estudiante universitario (en opinión de los profesores y alumnos). Propuestas de mejora en el marco del EEES. *Revista de Educación*, 443-473.
- Thompson, R. (1994). Emotion regulation: A theme in search of definition. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 25.
- Tinto, V. (1975). Dropout from Higher Education: A Theoretical Synthesis of Recent Research. *Review of Educational Research*, 45, 89-125.
- Tinto, V. (1982). Limits of theory and practice in student attrition. *Journal of Higher Education*, 53(6), 687-700.
- Tinto, V. (1992). Student attrition and retention. En B. R. Clark, & G. Neave, *The encyclopedia of Higher Education. Vol 3: Analytical Perspectives* (págs. 1697-1709). Oxford: Pergamon Press.
- Tinto, V. (1998). Stages of Student Departure: Reflections on the Longitudinal character of student leaving. *The Journal of Higher Education*, 59, 438-455.

- Tottenham, N., Hare, T., & Casey, B. (2011). Behavioral assessment of emotion discrimination, emotion regulation, and cognitive control in childhood, adolescence, and adulthood. *Frontiers in psychology*, 1-9.
- Urry, H., van Reekum, C., Johnstone, T., Kalin, N., Thurow, M., & Schaefer, H. (2006). Amygdala and ventromedial prefrontal cortex are inversely coupled during regulation of negative affect and predict the diurnal pattern of cortisol secretion among older adults. *Journal of Neuroscience*, 4415-4425.
- Varma, S., & Schwartz, D. (2008). How should educational neuroscience conceptualize the relation between cognition and brain function? Mathematical reasoning as a network process. *Educational Research*, 50.
- Verleger, R. (1997). On the utility of P3 latency as an index of mental chronometry. *Psychophysiology*, 131-156.
- Verleger, R., Jaskowski, P., & Wascher, E. (2005). Evidence for an integrative role of P3b in linking reaction to perception. *Journal of Psychophysiology*, 150.
- Vidal, J., Mills, T., Pang, E., & Taylor, M. (2012). Response inhibition in adults and teenagers: spatiotemporal differences in the prefrontal cortex. *Brain and Cognition*, 49-59.
- Vigil-Colet, A., & Morales-Vives, F. (2005). How Impulsivity is Related to Intelligence and Academic Achievement. *The Spanish Journal of Psychology*, 199-204.
- Vitaro, F., Brendgen, M., Larose, S., & Tremblay, R. (2005). Kindergarten disruptive behaviors, protective factors, and educational achievement by early adulthood. *Journal of Educational Psychology*, 617-629.
- Wager, T., Davidson, M., Hughes, B., Lindquist, M., & Ochsner, K. (2008). Neural mechanisms of emotion regulation: Evidence for two independent prefrontal-subcortical pathways. *Neuron*, 1037-1050.
- Wallis, J., & Miller, E. (2003). Neuronal activity in primate dorsolateral and orbital prefrontal cortex during performance of a reward preference task. *European Journal of Neuroscience*, 2069-2081.
- Wayne, M. (2003). Alcohol and university students drinking-not a class act. *Canadian Journal Public Health*, 94(1), 13-16.
- Wechsler, D., Pando, A., Granizo, M., Zimmerman, I., Woo-Sam, J., & Glasser, A. (1997). WAIS: escala de inteligencia de Wechsler para adultos. TEA ediciones.

- Weiskrantz, L. (1956). Behavioral changes associated with ablation of the amygdaloid complex in monkeys. *Journal of Comparative Physiology and Psychology*, 381-391.
- Wentzel, K. (1991). Relations between social competence and academic achievement in early adolescence. *Child Development*, 1066-1078.
- Wertsch, J. (1991). *La formación social de la mente*. México: Paidós.
- Yamaguchi, S., Hale, L., D'Esposito, M., & Knight, R. (2004). Rapid prefrontal hippocampal habituation to novel events. *Journal of Neuroscience*, 356-363.
- Zeidner, M. (1995). Personality trait correlates of intelligence. En D. Saklofske, & M. Zeidner, *International handbook of personality and intelligence*. (págs. 299-320). New York: Plenum Press.

Anexos

Anexo A

Historia clínica

DATOS DE IDENTIFICACIÓN

Nombre: _____ E-mail _____

Fecha de Nacimiento: _____ Cel: _____ Tel: _____

Semestre: _____ Código de estudiante: _____

Participante:

El participante vive con: _____

Estado civil:

Casado () Separado () Divorciado () Viudo () Unión Libre ()

Tiene hijos Si () No () Cuántos: _____

Nivel socioeconómico: _____

Padre:

Edad: _____ Grado máximo de estudios: _____

Ocupación: Profesional () Técnico () Obrero ()

Especifique el área: _____

Otra () _____ Ninguna ()

Madre:

Edad: _____ Grado máximo de estudios: _____

Ocupación: Profesional () Técnico () Obrero ()

Especifique el área: _____

Ama de casa () Otra () _____ Ninguna ()

Hermanos:

Número de Hermanos: _____

Lugar que ocupa en la familia: 1º, 2º, 3º, 4º, 5º ,.....

Antecedentes Prenatales

¿Producto de la gesta número? _____ ¿Embarazo deseado? Sí _____
No _____ ¿Complicaciones durante el embarazo? _____

¿La madre consumió alcohol o drogas durante el embarazo? Sí _____ No _____

Tipo de parto: _____

Semanas de gestación: Pretérmino _____ Término _____ Postérmino _____

Complicaciones durante el parto _____ ¿De qué tipo? _____

Escolaridad

Primaria

Edad de ingreso

Rendimiento Bueno Regular Malo Promedio: _____

Años repetidos

¿Problemas específicos?
(describir) _____

Secundaria

Edad de ingreso

Rendimiento Bueno Regular Malo Promedio: _____

Años repetidos

¿Problemas específicos? (describir) _____

Preparatoria

Edad de ingreso

Rendimiento Bueno Regular Malo Promedio: _____

Semestres repetidos

¿Problemas específicos? (describir) _____

Licenciatura

Edad de ingreso

Rendimiento Bueno Regular Malo Promedio: _____

Semestres repetidos

¿Problemas específicos? (describir) _____

Hábitos

¿Cuántas horas de sueño por día has tenido en la última semana?: _____

¿Te has alimentado bien en la última semana (comidas completas y tres veces al día)?:

¿Realizas ejercicio frecuentemente? _____ ¿Por cuánto tiempo? _____

Salud

Traumatismo craneoencefálico

a) Pérdida de conciencia b) Vómito c) Mareo d) Fecha _____

Enfermedades Diagnosticadas

a) Epilepsia b) Meningitis c) Encefalitis d) Otra _____

Trastornos Psiquiátricos _____ Cual _____

Familiares _____

Trastornos mentales _____ Cuál _____ Periodo _____

Familiares _____

Hospitalizaciones _____ Motivo _____

Convulsiones _____ Con fiebre _____ Medicación _____

Cefalea _____ Frecuencia _____ Actualmente toma Medicamentos _____

Cuales _____ Motivo _____

Uso de sustancias

Tipo	S/N	Edad	Frecuencia	Problemas relacionados	Atención recibida
Alcohol					
Tabaco					
Marihuana					
Otra					

¿Ingeriste cafeína previa al registro? _____ ¿Cuántas tazas? _____

9.4. Escala de Impulsividad de Barratt
(Barratt Impulsiveness Scale, BIS-11)

Instrucciones: Las personas son diferentes en cuanto a la forma en que se comportan y piensan en distintas situaciones. Ésta es una prueba para medir algunas de las formas en que usted actúa y piensa. No se detenga demasiado tiempo en ninguna de las oraciones. Responda rápida y honestamente. (Entrevistador: Lea cada oración al respondiente y marque la contestación. Si la persona no entiende la pregunta, plantéela de la forma que está entre paréntesis).

	Raramente o nunca (0)	Ocasionalmente (1)	A menudo (3)	Siempre o casi siempre (4)
1. Planifico mis tareas con cuidado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Hago las cosas sin pensarlas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Casi nunca me tomo las cosas a pecho (no me perturbo con facilidad)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Mis pensamientos pueden tener gran velocidad (tengo pensamientos que van muy rápido en mi mente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Planifico mis viajes con antelación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Soy una persona con autocontrol	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Me concentro con facilidad (se me hace fácil concentrarme)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ahorro con regularidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Se me hace difícil estar quieto/a por largos períodos de tiempo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Pienso las cosas cuidadosamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Planifico para tener un trabajo fijo (me esfuerzo por asegurar que tendré dinero para pagar por mis gastos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Digo las cosas sin pensarlas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Me gusta pensar sobre problemas complicados (me gusta pensar sobre problemas complejos)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Cambio de trabajo frecuentemente (no me quedo en el mismo trabajo por largos períodos de tiempo)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Actúo impulsivamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Me aburro con facilidad tratando de resolver problemas en mi mente (me aburre pensar en algo por demasiado tiempo)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Visito al médico y al dentista con regularidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Hago las cosas en el momento que se me ocurren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Soy una persona que piensa sin distraerse (puedo enfocar mi mente en una sola cosa por mucho tiempo)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Cambio de vivienda a menudo (me mudo con frecuencia o no me gusta vivir en el mismo sitio por mucho tiempo)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Compró cosas impulsivamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Yo termino lo que empiezo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Camino y me muevo con rapidez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Resuelvo los problemas experimentando (resuelvo los problemas tratando una posible solución y viendo si funciona)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Gasto efectivo o en crédito más de lo que gano (gasto más de lo que gano)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Hablo rápido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Tengo pensamientos extraños cuando estoy pensando (a veces tengo pensamientos irrelevantes cuando pienso)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Me interesa más el presente que el futuro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Me siento inquieto/a en clases o charlas (me siento inquieto/a si tengo que oír a alguien hablar por un largo período de tiempo)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. Planifico para el futuro (me interesa más el futuro que el presente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Escala Weschler de Inteligencia para adultos-III



Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos-III

WJ
66-4

Nombre: _____

Examinador: _____

Edad: _____ Fecha: _____

1. FIGURAS INCOMPLETAS



LÍMITE DE TIEMPO
20'' cada reactivo



INVERSIÓN
6 o 7 = 0 → 1-5 (inversos) hasta 2 puntuaciones perfectas consecutivas



DISCONTINUACIÓN
5 puntuaciones 0 consecutivas

Respuesta	Interrogatorio
Objeto en vez de parte faltante	Sí, pero ¿qué falta?
Parte del dibujo fuera de la página	Algo falta en el dibujo. ¿Qué es lo que falta?
Parte no esencial	Sí, pero ¿cuál es la parte más importante que falta?

Si el examinando responde correctamente tras el interrogatorio, acredite 1 punto a la respuesta.

Reactivo	Respuesta	Puntuación (0 o 1)	Reactivo	Respuesta	Puntuación (0 o 1)	Reactivo	Respuesta	Puntuación (0 o 1)
1. Peine			10. Pastel			19. Hoja		
2. Mesa			11. Caminata			20. Ropa		
3. Rostro			12. Chimenea			21. Vaca		
4. Portafolios			13. Silla			22. Bote		
5. Tren			14. Canasta			23. Zapatos tenis		
6. Puerta			15. Rosas			24. Mujer		
7. Pinzas			16. Espejo			25. Granero		
8. Anteojos			17. Cuchillo					
9. Jarra			18. Armarios					
						Puntuación cruda total (Máxima = 25)		

2. VOCABULARIO



INVERSIÓN
4 o 5 = 0, 0 1 → 1-3 (inversos) hasta 2 puntuaciones perfectas consecutivas



DISCONTINUACIÓN
6 puntuaciones 0 consecutivas



PUNTAJACIÓN
Todos los reactivos: 0, 1 o 2

Reactivo	Respuesta	Puntuación (0, 1 o 2)
1. Centavo		
2. Cama		
3. Barco		
4. Desayuno		
5. Reparar		
6. Invierno		
7. Terminar		

VOCABULARIO *(continuación)*

Reactivo	Respuesta	Puntuación (0, 1 o 2)
8. Tranquilo		
9. Ayer		
10. Consumir		
11. Compasión		
12. Santuario		
13. Ensamblar		
14. Oración		
15. Remordimiento		
16. Diverso		
17. Confiar		
18. Designar		
19. Evolucionar		
20. Fortaleza		
21. Generar		
22. Colonia		
23. Moroso		
24. Tangible		
25. Renuente		
26. Perímetro		
27. Abrumar		
28. Audaz		
29. Plagiar		
30. Epopeya		
31. Ponderar		
32. Ominoso		
33. Diatriba		

Puntuación cruda total
(Máxima = 66)

(Agregue el crédito de los reactivos de la página anterior.)

5. DISEÑO CON CUBOS



INVERSIÓN
5 o 6 = 0 o 1 → 1-4 (inversos)
hasta 2 puntuaciones perfectas
consecutivas



DISCONTINUACIÓN
3 puntuaciones 0
consecutivas



PUNTUACIÓN
1-6: 2 c/diseño correcto Ensayo 1,
1 c/diseño correcto Ensayo 2,
0 c/diseño incorrecto Ensayos 1 y 2
7-14: Encierre en un círculo la puntua-
ción correspondiente (máxima 7)

EXAMINANDO

Diseño	Límite de tiempo	Diseño incorrecto	Tiempo de ejecución en segundos	Diseño correcto	Puntuación (Encierre en un círculo la puntuación correspondiente para cada diseño.)
1.	30"	Ensayo 1 Ensayo 2		S N	Ensayo 2 Ensayo 1 0 1 2
2.	30"	Ensayo 1 Ensayo 2		S N	Ensayo 2 Ensayo 1 0 1 2
3.	30"	Ensayo 1 Ensayo 2		S N	Ensayo 2 Ensayo 1 0 1 2
4.	30"	Ensayo 1 Ensayo 2		S N	Ensayo 2 Ensayo 1 0 1 2
INICIO → 5.	60"	Ensayo 1 Ensayo 2		S N	Ensayo 2 Ensayo 1 0 1 2
6.	60"	Ensayo 1 Ensayo 2		S N	Ensayo 2 Ensayo 1 0 1 2
7.	60"			S N 0	16"-60" 11"-15" 6"-10" 1"-5" 4 5 6 7
8.	60"			S N 0	16"-60" 11"-15" 6"-10" 1"-5" 4 5 6 7
9.	60"			S N 0	21"-60" 16"-20" 11"-15" 1"-10" 4 5 6 7
10.	120"			S N 0	36"-120" 26"-35" 21"-25" 1"-20" 4 5 6 7
11.	120"			S N 0	66"-120" 46"-65" 31"-45" 1"-30" 4 5 6 7
12.	120"			S N 0	76"-120" 56"-75" 41"-55" 1"-40" 4 5 6 7
13.	120"			S N 0	76"-120" 56"-75" 41"-55" 1"-40" 4 5 6 7
14.	120"			S N 0	66"-120" 46"-65" 36"-45" 1"-35" 4 5 6 7

EXAMINADOR

Puntuación cruda total
(Máxima = 68)



INSTITUTO DE NEUROCIENCIAS UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Francisco de Quevedo # 180, Arcos Vallarta 44130
Guadalajara, Jal. México Teléfono/Fax: 38-18-0740

Guadalajara, Jalisco a _____ de _____ 2014

Consentimiento para participar en el proyecto de investigación:

“Relación entre el rendimiento académico y la capacidad de regulación de la conducta y las emociones en estudiantes de educación superior: un estudio electrofisiológico”

Por medio de la presente se confirma mi participación de carácter voluntario en el proyecto de investigación antes mencionado, realizado en el Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara. El objetivo principal de este proyecto es el de comparar el rendimiento académico con la capacidad de inhibición de respuestas preferentes ante contextos emocionales a través de los potenciales relacionados a eventos.

Antes de mi participación en el experimento se me ha explicado que tendré que asistir a una sola sesión de aproximadamente 1hr de duración, durante la cual se realizará un registro de la actividad eléctrica cerebral mientras se realiza una tarea en una computadora.

Declaro que he sido informado ampliamente del procedimiento de evaluación y de que durante el mismo no se aplicará ningún medicamento y no se realizará ningún procedimiento que ponga en riesgo la salud física o emocional de mi persona. La **Dra. Julieta Ramos Loyo** y el **M.C. Orlando Reynoso Orozco** se han comprometido a responder cualquier pregunta y aclarar cualquier duda que le plantee acerca de los procedimientos llevados a cabo, los riesgos, beneficios o cualquier otro asunto relacionado con la investigación.

Consiento de manera voluntaria mi participación siempre y cuando podamos desistir de la misma en cualquier momento y que se mantenga en estricta confidencialidad nuestros datos personales e información que yo proporcione. Este consentimiento no libera a los investigadores o a la institución de su responsabilidad ética con nosotros.

Nombre y firma

M.C. Orlando Reynoso Orozco