

Universidad de la República

Licenciatura en Biología Humana

**“BASES NEURALES DE LA COOPERACION Y
LA COMPETENCIA:
UN ESTUDIO PILOTO UTILIZANDO EL DILEMA
DEL PRISIONERO Y
ELECTROENCEFALOGRAFIA”**

*Centro de Investigación Básica en Psicología
(CIBPsi)*

Estudiante: Santiago Garat

Tutor: Leonel Gómez

Orientador de Pasantía: Victoria Gradin

Co-orientador de Pasantía: Álvaro Cabana

Resumen

Las interacciones sociales son un factor fundamental para la supervivencia del ser humano; personas socialmente exitosas tienden a tener mejor calidad de vida. Últimamente, en el marco de la Neuroeconomía se han utilizado paradigmas comportamentales de Teoría de Juegos que permiten estudiar controladamente la toma de decisiones en interacciones sociales. Sin embargo los mecanismos neurales subyacentes son poco conocidos. El objetivo del presente estudio consiste en estudiar las bases neurales de las interacciones sociales desde la perspectiva de la cooperación y competencia utilizando electroencefalografía (EEG) y la tarea del Dilema del Prisionero (DP). En cada ronda dos jugadores elijen en forma independiente “Cooperar” (C) o “No Cooperar/Competir” (en inglés: “Defect” (D)) entre ellos. De acuerdo a sus decisiones, existen cuatro resultados posibles: ambos jugadores cooperan (CC), uno de los jugadores coopera y el otro compite (CD, DC) o ambos jugadores compiten (DD). Una forma de investigar respuestas cognitivas en humanos es a través de Potenciales Evocados (ERP). Los ERPs son componentes con formas de onda asociadas a un tiempo y evento en particular extraídas de la señal de EEG. Estudios que han combinado tareas de interacciones sociales y EEG han identificado un componente capaz de modularse por las condiciones del experimento: “Feedback Related Negativity” (FRN). En principio se observó que el FRN señalizaba la valencia de una recompensa, presentando mayor amplitud negativa frente a pérdidas económicas. Sin embargo, últimamente se observó que también responde a situaciones socio-emocionales. En el presente estudio, se analizaron datos de EEG de 17 participantes. Se observó que el FRN fue más negativo en la situación más aversiva (CD) en comparación a la mejor situación social (CC). Por ende, el FRN sería modulado también por el contexto socio-emocional como indica la literatura, señalizando el impacto emocional frente a un evento, especialmente frente a situaciones sociales desfavorables.

Palabras claves: interacciones sociales; dilema del prisionero; FRN.

Introducción

Interacciones sociales

Las interacciones sociales repercuten en el comportamiento social, la salud y el bienestar de las personas (Baumeister & Leary, 1995). Los seres humanos se encuentran fuertemente motivados por la necesidad de formar y mantener relaciones interpersonales (Baumeister & Leary, 1995). Personas solitarias presentan baja autoestima, timidez, sentimientos de alienación e infelicidad (Wheeler *et al.*, 1983).

¿Cómo se pueden estudiar las interacciones sociales?

En los últimos años, en el marco de la Neuroeconomía se han utilizado paradigmas comportamentales de Teoría de Juegos que han contribuido a estudiar controladamente las interacciones sociales y los mecanismos neurales asociados (Sanfey, 2007). Estos paradigmas permiten estudiar varios aspectos de la toma de decisiones y conceptos sociales tales como la cooperación, el intercambio recíproco, la justicia, el altruismo y el castigo social (Rilling *et al.*, 2004).

La cooperación

Hoy en día la mayoría de nuestras relaciones sociales se basan en el intercambio recíproco de favores (Rilling *et al.*, 2004a). Por lo general, existe un beneficio personal al relacionarnos con personas a las que ayudamos cuando lo necesitan y sobre todo cuando nos ayudan en momentos en los cuales los necesitamos. Sin embargo, sufrimos cuando la cooperación no es correspondida (Rilling *et al.*, 2004a). Evaluar e identificar correctamente quién es un buen compañero social y quién no, es crucial a la hora de tomar decisiones para establecer lazos sociales importantes en nuestras vidas. El juego del Dilema del Prisionero iterado ha sido muy utilizado para estudiar escenarios interactivos de forma controlada basados en la cooperación interpersonal (Rilling *et al.*, 2002a).

El dilema del Prisionero

El Dilema del Prisionero (DP) es una tarea interactiva en la cual en cada ronda dos jugadores eligen independientemente “Cooperar” (C) o “No Cooperar” (en inglés: “Defect” (D)) entre ellos (Rilling & Sanfey, 2011). Dependiendo de sus decisiones, existen cuatro resultados posibles: el jugador A y el jugador B cooperan (CC), el jugador A coopera y el jugador B no coopera (CD), el jugador A no coopera y el jugador B coopera (DC) o el jugador A y el jugador B no cooperan (DD) (Rilling *et al.*, 2002b).

La cooperación mutua (CC) proporciona una modesta ganancia para ambos jugadores, mientras que la situación opuesta (DD) proporciona una cantidad menor para cada uno. La mayor recompensa para el jugador se produce cuando decide no cooperar y el co-jugador coopera (DC),

mientras que el peor resultado es cuando las decisiones se invierten (CD) (Rilling & Sanfey, 2011). De esta manera se distribuye un puntaje para cada uno de forma tal que: $DC > CC > DD > CD$ y $CC > (CD + DC)/2$ (Rilling *et al.*, 2002b). (Ver figura 1)

		Jugador	
		Cooperar	No Cooperar
Co-jugador	Cooperar	2 (2)	3 (0)
	No cooperar	0 (3)	1 (1)

Fig. 1.-Matriz de pagos del DP.

El número en negrita corresponde al puntaje que recibe el jugador mientras que el número entre paréntesis corresponde al puntaje que recibe el co-jugador.

Cada célula de la matriz de pagos corresponde a un resultado diferente de la interacción social, y por lo general provoca sentimientos o emociones diferentes (Rilling *et al.*, 2008). La cooperación mutua (CC) se asocia a menudo con el compañerismo, la confianza y sentimientos positivos. La situación en la cual el participante coopera mientras el co-jugador no coopera (CD) puede provocar emociones negativas tales como la tristeza y enojo en el sujeto cooperador.

En las situaciones en las cuales el participante no coopera mientras el co-jugador coopera (DC) se pueden desencadenar algunas emociones positivas como felicidad (debido a que el participante recibe el mayor puntaje posible del juego) y/o se puede desencadenar la emoción negativa de la culpa debido a que el co-jugador no recibe puntos y el participante sí. Por último, la situación en la cual existe mutua competencia (DD) se asocia con niveles intermedios de todas las emociones (Gradin *et al.*, 2016).

Electroencefalografía y ERP

La electroencefalografía (EEG) es una herramienta neurofisiológica que permite registrar la actividad eléctrica de la corteza cerebral (Luck, 2005). El registro se realiza a partir de un conjunto de electrodos en la superficie del cuero cabelludo (Niedermeyer & da Silva, 2005). La señal promedio del EEG asociada a un tiempo y un evento en particular se utiliza para extraer Potenciales Evocados (ERPs) (Luck, 2005). Los ERP señalizan la actividad del cerebro en respuesta a eventos cognitivos (Ibáñez *et al.*, 2012, Luck *et al.*, 2000). Al promedio resultante de los ERP se lo denomina componente y su forma de onda aparece como una serie de picos positivos y negativos que varían en la polaridad, amplitud y latencia (Luck, 2005). Estos picos reflejan la activación sumada de potenciales post-sinápticos provocados por un estímulo o por la respuesta del sujeto (Ibáñez *et al.*, 2012). Los ERP se caracterizan por su excelente resolución temporal en el orden del milisegundo; sin embargo, su resolución espacial es muy poco precisa (Ibáñez *et al.*, 2012).

Feedback Related Negativity

Últimamente, se ha identificado y estudiado un componente de ERP asociado a tareas de interacciones sociales: el “Medial Frontal Negativity” (MFN) (Boksem *et al.*, 2011). El MFN es un conjunto de componentes que incluye el *Error Related Negativity* (ERN) provocado cuando el participante comete errores en una tarea (Holroyd & Coles, 2002; Falkenstein *et al.*, 2000) y el *Feedback Related Negativity* (FRN) provocado cuando el participante recibe un feedback (devolución) positivo o negativo sobre su rendimiento en una tarea (Nieuwenhuis *et al.*, 2004).

En este proyecto nos centraremos en el FRN. El FRN es un componente de pendiente negativa cuya actividad máxima se registra en electrodos fronto-centrales entre 200 y 350 ms luego de la presentación del feedback (Hajcak *et al.*, 2006; Sato *et al.*, 2010; San Martín, 2012). Existe evidencia que el FRN es generado en áreas de la corteza prefrontal medial, como el cortex cingulado anterior (ACC) (Hajcak *et al.*, 2006; Rigoni *et al.*, 2010; Sato *et al.*, 2010). Dicho componente refleja la valencia de una recompensa, presentando mayor amplitud negativa frente a situaciones económicas desfavorables (Holroyd *et al.*, 2006; Rigoni *et al.*, 2010; Sato *et al.*, 2010). Sumado a esto, algunos estudios han propuesto que este componente incluso responde frente a situaciones sociales negativas (Boksem *et al.*, 2011; Boksem *et al.*, 2012; Kujawa *et al.*, 2014, Rigoni *et al.*, 2010).

El presente estudio

El presente estudio intenta explorar de las bases neurales de las interacciones sociales desde la cooperación y competencia a través del análisis de ERP e implementando la tarea del DP. Fundamentalmente, intenta encontrar un nexo entre las diferentes situaciones sociales que promueve el DP (CC, CD, DC, DD) y el FRN. Teniendo en cuenta lo mencionado sobre el FRN, consideramos que éste será modulado por las distintas situaciones sociales del DP. En forma particular, se planteó la hipótesis de que el FRN presentará mayor amplitud negativa en la situación social más aversiva del DP (CD) en comparación a la mejor situación social representada por la mutua cooperación (CC).

Problema con el DP y ERP

Utilizar el DP para un estudio de ERP implica asumir el riesgo de que las condiciones del estudio no estén balanceadas por sujeto. Idealmente se desearía una distribución aproximada de $\frac{1}{4}$ del total de ensayos en cada una de las cuatro condiciones (CC, CD, DC, DD). Sin embargo, no puede controlarse la decisión del jugador, es decir la cantidad de veces que éste cooperará o no. Por lo tanto la cantidad de ensayos que corresponden a CC, CD, DC, DD es indeterminada a priori. Sumado a esto, el DP tiene una “estrategia dominante”: la opción de No Cooperar es la mejor opción individual independientemente de lo que decida la otra persona (Nowak & Sigmund,

1993, Kreps *et al.*, 1982) ya que de esta manera el jugador se asegura siempre de sumar puntos y evita la posibilidad de ser “explotado” y obtener cero (situación: CD).

A su vez, las decisiones de los jugadores podrían estar influenciadas por otro factor tal como las etiquetas en las matrices del DP (“Cooperar/No Cooperar” vs “A/B”). Consideramos que las etiquetas que indican explícitamente las opciones de “Cooperar/No Cooperar” podrían causar en los jugadores el efecto de elegir más la opción cooperativa por indicar una conducta social positiva en comparación a las opciones abstractas “A/B”.

Para abordar dichos inconvenientes se dividió el proyecto en dos estudios:

- **Estudio I:** se realizó un estudio comportamental donde se intentó ajustar un algoritmo que simulara al co-jugador con el objetivo de balancear lo mejor posible las condiciones del estudio. A su vez se implementaron dos matrices con diferentes etiquetas (“Cooperar/No Cooperar” y “A/B”) con el objetivo de determinar si el contenido de las etiquetas podría influenciar la toma de decisiones en los participantes.
- **Estudio II:** se realizó un estudio en el cual se implementó la tarea del DP junto con EEG y análisis de ERP con el objetivo de identificar una modulación del componente FRN a través de las diversas situaciones sociales del DP (CC, CD, DC y DD).
A su vez, se buscó determinar si habrían correlaciones entre la parte comportamental del estudio con las escalas psicométricas utilizadas.

Inventario de Problemas Interpersonales (IIP-64).

Además de investigar la toma de decisiones y la respuesta emocional en el DP, nuestro estudio propone investigar la relación entre la cooperación/competencia y diversos problemas interpersonales. A efectos de estudiar los problemas interpersonales, en el Estudio II se les suministró a los participantes de forma domiciliaria (antes de realizar la tarea) el Inventory of Interpersonal Problems (IIP, Horowitz *et al.*, 1993) para completar. El IIP-64 mide los problemas interpersonales que predominan en la persona (*domineering/controlling*: dominante/controlador; *vindictive/self-centered*: vengativo/centrado en sí mismo; *cold/distant*: frío/distante; *socially inhibited*: socialmente inhibido; *nonassertive*: no asertivo; *overly accommodating*: excesivamente complaciente; *self-sacrificing*: sacrificado; *intrusive/needy*: intrusivo/necesitado).

Dominancia social – dominancia agresiva (SDAD)

Los participantes completaron en el Estudio II al finalizar la tarea un cuestionario que indaga sobre las relaciones de dominancia social y dominancia agresiva - SDAD (Kalma, Visser & Peeters, 1993; Mailhos, Buunk & del Arca, 2013). El cuestionario de dominancia social (SD) consta de 8 ítems mientras que el cuestionario de dominancia agresiva (AD) consta de 7 ítems. Los participantes debieron contestar en qué medida estaban de acuerdo o en desacuerdo con

diferentes afirmaciones según una escala que va desde 1 (totalmente en desacuerdo) hasta 5 (totalmente de acuerdo). Un puntaje alto en la escala SD indica un individuo que se caracteriza por una actitud positiva hacia otras personas, con cualidades de liderazgo grupal, una fuerte necesidad de dominar a los demás de manera razonable, gran autoestima y una actitud independiente y activa. Por su parte, un puntaje alto en la escala AD indica un individuo egocéntrico en el que prevalece una actitud negativa hacia los demás, al igual que una fuerte motivación por obtener sus propios objetivos, incluso a expensas de las relaciones personales (Kalma, Visser & Peeters, 1993).

Competencia intrasexual (ISC)

Otra escala psicométrica que se les proporcionó a los participantes luego de haber culminado la tarea era fue la escala de Competencia intrasexual- ISC (Buunk & Fisher, 2009; Mailhos, Buunk & del Arca, 2013). El cuestionario de ISC consta de 12 ítems. Los participantes debieron contestar en qué medida estaban de acuerdo o en desacuerdo con diferentes afirmaciones según una escala que va desde 1 (totalmente en desacuerdo) hasta 5 (totalmente de acuerdo). La competencia intrasexual hace referencia a la rivalidad con personas del mismo sexo provocado por el afán de obtener y mantener acceso al sexo opuesto (Buunk & Fisher, 2009).

Objetivo General

El objetivo de éste proyecto consiste en investigar las bases neurales de las interacciones sociales desde la cooperación y competencia utilizando electroencefalografía (EEG) y la tarea del Dilema del Prisionero (DP).

Objetivos Específicos

En relación al Estudio I:

- Implementar un algoritmo que sea capaz de simular al co-jugador y a su vez que pueda balancear lo mejor posible las condiciones del estudio.
- Evaluar si existen cambios en la tasa de cooperación al modificar las etiquetas de las matrices del DP (Cooperar/No Cooperar vs A/B).

En relación al Estudio II:

- Correlacionar escalas psicométricas: Dominancia Social y Dominancia Agresiva (SDAD), Problemas Interpersonales (IIP-64) y Competencia Intrasexual (versión Masculino y Femenino (ISC)), con los datos comportamentales.
- Aportar al estudio de las bases neurales que participan en la cooperación y competencia, a través de la modulación del componente FRN frente a las distintas situaciones sociales que promueve el DP (CC, CD, DC, DD).

Materiales y Métodos

Estudio I

Descripción del algoritmo

En el estudio I se implementó un algoritmo del estilo “tit for tat” probabilístico. La estrategia “tit for tat” consiste en responder consecuentemente a la acción previa del oponente. Es decir, si un jugador ha cooperado previamente, el co-jugador cooperará en la ronda siguiente; en cambio si el jugador ha competido, éste competirá. En este caso, el algoritmo siempre comienza cooperando (C) en la primera ronda. A partir de la segunda ronda toma la decisión realizada por el jugador en la ronda anterior y decidirá de acuerdo a cierta probabilidad. Es decir, si en la ronda previa el jugador cooperó el algoritmo coopera con un 80% o compete con un 20% de probabilidad. A su vez, rompe con largos bloques de mutua cooperación (CC) y competencia (DD). Cada tres rondas consecutivas de mutua cooperación/competencia, el algoritmo selecciona la opción opuesta. A modo de ejemplo, si durante el transcurso de la tarea ocurren tres rondas consecutivas de mutua cooperación (CC – CC - CC), en la cuarta ronda el algoritmo juega la opción “No cooperar” (D) con probabilidad 100% (misma situación para el caso de mutua competencia). (Tabla 1).

Ronda (n)	Algoritmo
En n=1	C (100%)
Si en n-1 el jugador elige C	n=C (80 %) o D (20%)
Si en n-1 el jugador elige D	n= D (80%) o C (20%)
Cada 3n de CC	D (100%)
Cada 3n de DD	C (100%)

Tabla 1. Estrategia estilo “tit for tat” con probabilidad.

Etiquetas en las matrices del DP

Con el objetivo de evaluar cambios en la tasa de cooperación de los participantes, en el Estudio I se implementaron dos matrices diferentes en la tarea del DP. El diseño de una de ellas incluyó las etiquetas con opciones sociales “Cooperar” y “No Cooperar” (Fig. 2) mientras que en la otra matriz las etiquetas contenían opciones abstractas como “A” y “B” (Fig. 3). La mitad de los participantes realizaron la tarea del DP con uno de los formatos mientras que la otra mitad jugó con el formato alternativo. Consideramos que la toma de decisiones de los participantes podría estar influenciada a la hora de jugar con las distintas etiquetas. Particularmente las etiquetas que indican explícitamente las opciones de Cooperar y No Cooperar podrían causar en los participantes el efecto de elegir más la opción cooperativa por indicar una conducta social positiva.

	Cooperar	No cooperar
Cooperar	2 (2)	3 (0)
No cooperar	0 (3)	1 (1)

Fig. 2. Matriz con formato de etiquetas “Cooperar”/ “No cooperar”.

	A	B
A	2 (2)	3 (0)
B	0 (3)	1 (1)

Fig. 3. Matriz con formato de etiquetas “A” / “B”.

Participantes

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Psicología de la Universidad de la República y se obtuvo consentimiento informado por parte de todos los participantes.

Reclutamiento de participantes

El estudio I se dividió en dos partes:

La primera parte consistió en completar datos personales a través de un formulario web (<http://www.estudios.psico.edu.uy/node/9>). Dicho formulario se difundió a través de redes sociales y mailings pertenecientes a diferentes facultades de la Universidad de la República. En el formulario los participantes accedieron a las bases y condiciones del estudio. Aquellas personas interesadas en participar, completaron el formulario con sus datos personales para ser contactados por el equipo de investigación. Los datos solicitados fueron los siguientes: nombre completo, fecha de nacimiento, mail, sexo, teléfono de contacto, disponibilidad horaria (a efectos de coordinar la sesión experimental), nivel educativo e institución en la cual realizan sus estudios. Los criterios de inclusión para poder participar en este estudio fueron los siguientes:

- Adultos, hombres y mujeres de 18 a 35 años de edad.
- No presentar dificultades visuales, auditivas o motrices que dificulten la realización de la tarea en la computadora.
- Ser estudiantes terciarios de forma activa.

La segunda parte consistió en asistir al CIBPsi (Centro de Investigación Básica en Psicología, Facultad de Psicología, Universidad de la República) donde se realizó la sesión experimental la cual tenía una duración de aproximadamente una hora. En esta sesión se invitó al participante a jugar al DP. A los participantes que asistieron a Facultad de Psicología y completaron toda la sesión experimental se les retribuyó con una recompensa no monetaria (una entrada de cine).

Sesión experimental

Antes de que el participante diera comienzo a realizar la tarea del DP, se le presentaba a una persona de su mismo sexo (co-jugador) la cual pretendía ser un participante del estudio, y se le indicaba que jugarían al DP entre ellos en habitaciones separadas. De esta manera se intentó recrear un escenario interactivo y dar mayor credibilidad al algoritmo. Luego, el investigador acompañaba al co-jugador a la habitación donde supuestamente éste realizaba la tarea. A continuación el investigador acompañaba al participante al laboratorio desde el cual realizaba la tarea. Se le proporcionaba el consentimiento informado y una vez firmado, se le explicaba la tarea del DP. Antes de realizar la tarea oficial, realizaba una práctica en la computadora para poder despejar dudas. Una vez que el participante realizaba la práctica y no presentaba dudas con respecto a la tarea, el investigador salía de la habitación del participante para simular que iba a explicarle la tarea al supuesto co-jugador. Una vez finalizada dicha simulación, el investigador le informaba al participante que el co-jugador se encontraba conectado a una supuesta red interna de internet y por lo tanto también podía conectarse y dar comienzo a la tarea. Al finalizar la tarea, se le realizaba una serie de preguntas con el objetivo de explorar la credibilidad de la “historia encubierta” y evaluar qué tan involucrado estuvo en la tarea. Por último, se hacía entrega de la recompensa por haber participado del estudio y se le explicaban los detalles de éste y con qué propósito se realizó esta investigación.

Explicación del DP

Se le informaba al participante que iba a realizar una tarea en conjunto con la persona que se le había presentado previamente. Dicha tarea consistía en que “ambos” debían tomar una decisión por cada ronda en forma simultánea e independiente la cual podía ser “Cooperar” o “No Cooperar” (ver figura 1, Anexo). Dependiendo de sus decisiones tanto el participante como el supuesto co-jugador obtendrían cada uno una determinada cantidad de puntos acorde a la matriz de pagos del DP en cada ronda. El objetivo planteado al participante era que dependiendo del puntaje acumulado en la tarea se le entregaría una recompensa por haber participado en el estudio. La tarea fue de 200 rondas con una pausa de aproximadamente de un minuto en la mitad.

Preguntas finales

Las preguntas que se realizaron al final de la sesión experimental fueron las siguientes:

- ¿Has elaborado alguna estrategia a la hora de realizar la tarea? ¿Cómo fue?
- ¿Sentiste que el otro participante jugó con una estrategia en particular? ¿Cómo fue?

Estudio II

Reclutamiento de participantes

Al igual que en el Estudio I, el Estudio II se dividió en dos partes:

La primera parte consistió en completar datos personales a través de un formulario web. (<http://www.estudios.psico.edu.uy/node/18>). Los criterios de inclusión para este segundo estudio fueron:

- Tener entre 18 y 35 años de edad.
- No presentar antecedentes de trastornos neurológicos ni psiquiátricos.
- No consumir medicación psiquiátrica.
- No presentar dificultades visuales, auditivas o motrices que dificulten la realización de la tarea en la computadora.
- No estar cursando un embarazo.

En una segunda etapa, se contactó a los interesados para participar del estudio. Antes de asistir a la sesión experimental, debían completar en forma domiciliaria el cuestionario IIP-64. En el laboratorio de psicofisiología del CIBPsi se llevó a cabo la realización de la tarea del DP y en forma simultánea el registro de EEG. Luego de haber realizado la tarea, los participantes completaron los formularios pertenecientes a: respuesta emocional y escalas psicométricas (SDAD, ISC). La sesión experimental duraba en total dos horas y media aproximadamente. A los participantes que asistieron a Facultad de Psicología y completaron toda la sesión experimental se les retribuyó con una recompensa no monetaria (una entrada de cine).

Sesión experimental

Al igual que en la sesión experimental del Estudio I, se implementó la misma “historia encubierta”, en la cual una persona del mismo sexo que el participante simulaba ser el co-jugador del estudio. El algoritmo utilizado fue el mismo al del Estudio I. En primer lugar se le explicaba al participante la tarea del DP y luego realizaba la práctica de dicha tarea en la computadora. Una vez que el participante comprendía la tarea, se realizaba la presentación con el supuesto co-jugador. A continuación, se daba comienzo a la colocación de electrodos. Una vez culminada la colocación, se daba comienzo a la realización de la tarea. Finalmente, el participante completaba el formulario de respuesta emocional y las escalas psicométricas (SDAD y ISC); se realizaron las mismas preguntas finales de la primer etapa. A modo de cierre, se hacía entrega de la recompensa y se explicaban los detalles del estudio.

Explicación del DP

La explicación de la tarea se realizó de la misma manera que en el Estudio I. En este caso la tarea fue de 200 ensayos con tres pausas de un minuto aproximadamente.

Respuestas emocionales al DP

Luego que el participante finalizaba la tarea se lo invitaba a completar un cuestionario donde debía marcar a través de una escala likert con 8 niveles, qué tanto había sentido las emociones de felicidad, enojo, tristeza, traición y culpa en relación a las cuatro condiciones de la tarea del DP (CC, CD, DC, DD).

Registro psicofisiológico, reducción de datos y análisis

Para realizar los registros de EEG se utilizó un equipo BioSemi ActiveTwo System de 64 canales. La actividad neuronal se registró a través del cuero cabelludo utilizando los 64 electrodos colocados sobre una gorra elástica según el sistema internacional 10/20 EEG / ERP. Según el diseño de BioSemi, el electrodo de tierra durante la adquisición fue formado por el electrodo activo Common Mode Sense (CMS) y electrodo pasivo Driven Right Leg (DRL). Todos los electrodos se referenciaron durante los registros al electrodo activo CMS ubicado entre POz y PO3 y la frecuencia de sampleo fue de 256 Hz. Todas las señales bioeléctricas se digitalizaron utilizando el software ActiView (BioSemi).

Los artefactos oculares se registraron a través de 4 electrodos faciales: los movimientos oculares verticales fueron registrados a través de un electrodo supraorbital izquierdo y un electrodo infraorbital izquierdo; los movimientos oculares horizontales fueron registrados por dos electrodos laterales colocados a 1,5 cm del ojo izquierdo y 1,5 del ojo derecho.

El análisis de la señal de EEG se realizó a través del software de código abierto FieldTrip (Oostenveld *et al.*; 2011). El software se implementa como una caja de herramientas para MATLAB. Para realizar el análisis off-line los datos continuos fueron referenciados al promedio de los mastoides (previamente registrados on-line) filtrado con un filtro de paso de banda de 0.1 – 30 Hz. Los movimientos oculares (pestaños) fueron corregidos de la señal continua de EEG a través de ICA (Independent Component Analysis, Jung *et al.*, 2001). Para extraer las épocas de los archivos de datos continuos se realizó un segundo filtrado igual que el anterior, se cortaron los ensayos desde -0.5 a 1.5 s y se realizó la corrección por línea de base de -0.2 a 0 s.

Para minimizar el ruido de la señal se identificaban aquellos canales ruidosos y se los interpoló con la señal de electrodos vecinos en un círculo de 5,5 cm de diámetro. La cantidad máxima de electrodos interpolados por sujeto fue de 6 (10% del total de electrodos). Aquellos sujetos en los cuales debían interpolarse más de 6 electrodos fueron descartados del análisis de ERP. Mediante

inspección visual se determinó aquellos ensayos por sujeto que serían incluidos/excluidos en el gran promedio de ERP. Los ERP se construyeron promediando los ensayos de cada uno de los sujetos para cada una de las cuatro condiciones (CC, CD, DC, DD) teniendo en cuenta el umbral mínimo de 20 ensayos/condición.

Se determinó mediante inspección visual una ventana temporal de 200 a 300 ms correspondiente a la latencia del FRN (Gehring & Willoughby, 2002; Leng & Zhou, 2010; Wang *et al.*, 2013, Kujawa *et al.*, 2014). En base a la literatura previa, se seleccionó el electrodo *FCz* para identificar al componente FRN ya que en electrodos de la línea media fronto-centrales la actividad del componente es máxima (Nieuwenhuis *et al.*, 2004, Leng & Zhou, 2010, Boksem *et al.*, 2012, Wang *et al.*, 2013, Kujawa *et al.*, 2014). Se analizó el efecto del “Tipo de resultado” mediante un ANOVA unifactorial con una variable intra-sujetos (Tipo de outcome) con cuatro niveles (CC, CD, DD, DC) sobre la diferencia de voltaje (μV) en el electrodo *FCz*. Sumado a esto, en busca de mayor robustez se determinó una región espacial promediando electrodos de la línea media y lateral: *F1-Fz-F2-Fc1-Fcz-Fc2* (Ver Figura 2, Anexo). También se analizó el efecto del “Tipo de resultado” mediante un ANOVA unifactorial con una variable intra-sujetos (Tipo de outcome) con cuatro niveles (CC, CD, DC, DD) sobre la diferencia de voltaje (μV) en el electrodo promediado *F1-Fz-F2-Fc1-Fcz-Fc2*.

Resultados

Estudio I

El estudio I se llevó a cabo con un total de 37 participantes (20 hombres y 17 mujeres).

Del total de 37 participantes, 4 fueron excluidos por no haber creído la historia encubierta (2 hombres y 2 mujeres). El promedio de edad de los participantes fue de 23 ± 2 años (hombres: 23 ± 2 ; mujeres: 23 ± 3).

Distribución de condiciones del DP

La distribución de la cantidad de ensayos por “tipo de resultados” fue acorde a lo esperado siendo DD y DC las condiciones que presentaron mayor número de ensayos (Ver Tabla 1).

Tabla 1

Distribución de condiciones del DP

	<i>Nº de eventos</i>	<i>Porcentaje</i>
CC	38±25	19%
CD	37±15	19%
DC	54±12	27%
DD	69±29	34%
S/R	2±5	1%

Los valores se dan en media ± desvío estándar.

Nota: sin responder (S/R).

Probabilidad de Cooperar dado el resultado de la ronda anterior

Se calculó la probabilidad de Cooperar dado el resultado de la ronda anterior (n-1) de la siguiente manera:

$$\frac{N^{\circ} \text{ de Cooperaciones (C) luego de resultado } x \text{ en } n-1}{\text{Total de resultados en } x}$$

(Siendo $x = \text{CC, CD, DC, DD}$)

Se realizó un ANOVA para determinar si existe un efecto del resultado de la ronda anterior sobre la probabilidad de Cooperar (C). La probabilidad de Cooperar (C) está afectada por el tipo de resultados de la ronda anterior ($F(3,65) = 9.67, p = .001$). La probabilidad de Cooperar fue mayor en forma significativa cuando en la ronda anterior (n-1) el resultado fue de mutua cooperación (CC) en comparación a CD, DC y DD, mientras que la probabilidad de Cooperar fue menor cuando en la ronda anterior el resultado fue de mutua competencia (DD) en comparación a CC, CD y DC (Ver figura 1).

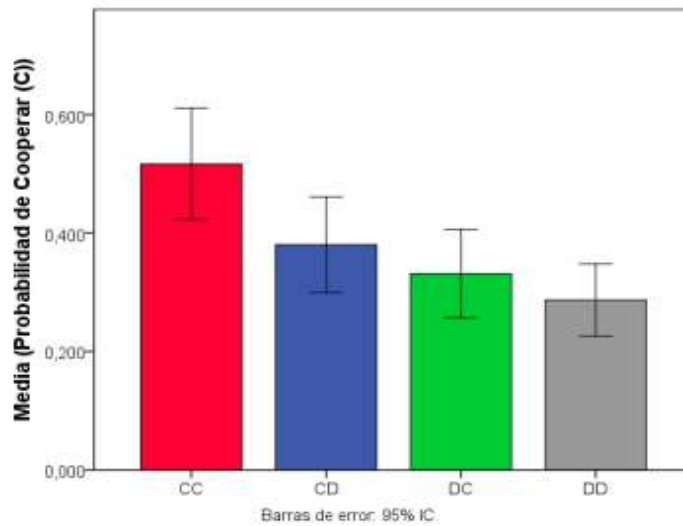


Figura 1. Probabilidad de Cooperar (C) dado el resultado de la ronda anterior (n-1)

La probabilidad de Cooperar (C) fue mayor cuando el resultado anterior fue CC en comparación a CD ($p < 0.01$), DC ($p < 0.01$) y DD ($p < 0.01$).

Probabilidad de C dado CC: $M = .52$, $SD = .27$; dado CD: $M = .38$, $SD = .23$; dado DC: $M = .33$, $SD = .21$ y dado DD: $M = .29$, $SD = .17$.

Cooperar/No cooperar vs A/B

Se realizó una prueba-t para determinar si existe una diferencia al comparar las medias de Cooperación (C) en etiquetas "Cooperar/No cooperar" y etiquetas "A/B".

A pesar de que los participantes eligieron en mayor medida la opción de Cooperar (C) al jugar con etiquetas "Cooperar/No cooperar" en comparación con etiquetas "A/B", esta diferencia no fue significativa (Ver figura 2).

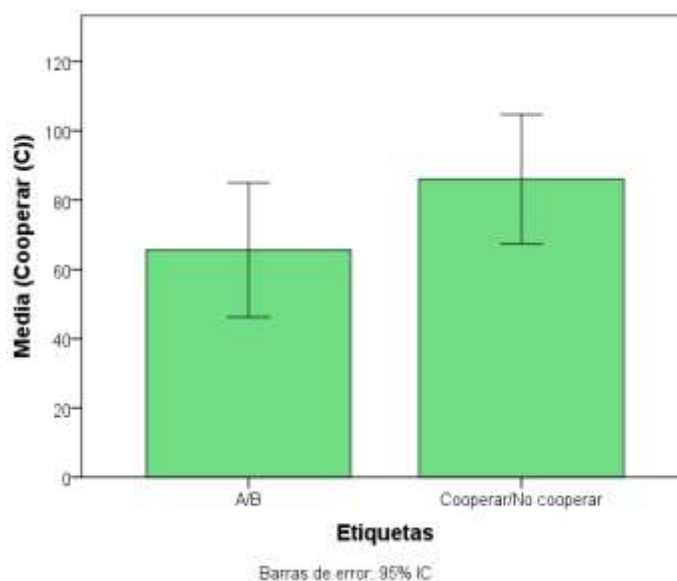


Figura 2. Efecto etiquetas sobre la Cooperación (C)

No hay diferencias significativas entre etiquetas al comparar medias de Cooperar (C) ($t(31) = -1.61$, $p > 0.05$). Etiqueta "Cooperar/No cooperar": $M = 86.06$, $SD = 36.26$; Etiqueta "A/B": $M = 65.63$, $SD = 36.41$.

De esta primera parte del estudio se llegó a la conclusión de que era viable realizar el DP junto con registros de EEG con el algoritmo desarrollado ya que definiendo un umbral mínimo de 20 eventos/condición, 24 de un total de 33 participantes (73%), cumplían el criterio preestablecido para poder realizar un análisis de ERP.

Estudio II

El segundo estudio se llevó a cabo con un total de 32 participantes (15 hombres y 17 mujeres).

Del total de 32 participantes, 2 fueron eliminados: un participante por no haber creído la historia encubierta (hombre) y otro por presentar dislexia y déficit atencional (mujer).

A continuación, en la Tabla 2 se muestra información general de la población que participó del Estudio II.

Tabla 2
Datos de la población y escalas psicométricas

	<i>Participantes</i>
Mujeres/Hombres	16/14
Edad	22±3
Años de educación cursados	14±2
Años de educación completos	15±2
ISC	25±8 (n=25)
SDAD	48±8 (n=25)
IIP -64	71±18
IIP-64(dominante)	10±3
IIP -64(vengativo)	8±3
IIP -64(frío/distante)	7±5
IIP-64 (inhibido socialmente)	9±4
IIP-64 (no asertivo)	9±5
IIP -64(excesivamente complaciente)	10±4
IIP-64 (sacrificado)	11±4
IIP-64 (intrusivo/necesitado)	9±5

ISC (Competencia intrasexual), SDAD (Dominancia Social y Dominancia Agresiva), IIP-64 (Inventario de Problemas Interpersonales).

Los valores se dan en media y desvío estándar.

Distribución de condiciones del DP.

La distribución de la cantidad de ensayos por “tipo de resultados” fue similar a la obtenida en el Estudio I siendo DD y DC las condiciones que presentaron mayor número de ensayos (Ver Tabla 3).

Tabla 3
Distribución de condiciones del DP

	<i>Nº de eventos</i>	<i>Porcentaje</i>
CC	38±23	19%
CD	35±16	18%
DC	52±10	26%
DD	73±29	36%
S/R	2±2	1%

Los valores se dan en media ± desvío estándar.

Probabilidad de Cooperar dado el resultado de la ronda anterior

Se realizó el mismo cálculo y análisis que en el Estudio I para determinar si existe un efecto del resultado de la ronda anterior sobre la probabilidad de Cooperar (C). Al igual que en el Estudio I la probabilidad de Cooperar (C) está afectada por el tipo de resultado de la ronda anterior ($F(3,87)=13.74$, $p=.001$). La probabilidad de Cooperar fue mayor en forma significativa cuando en la ronda anterior (n-1) el resultado fue de mutua cooperación (CC) en comparación a DC y DD mientras que la probabilidad de Cooperar fue menor en forma significativa cuando en la ronda anterior el resultado fue de mutua competencia (DD) en comparación a CC, CD y DD (Ver figura 3).

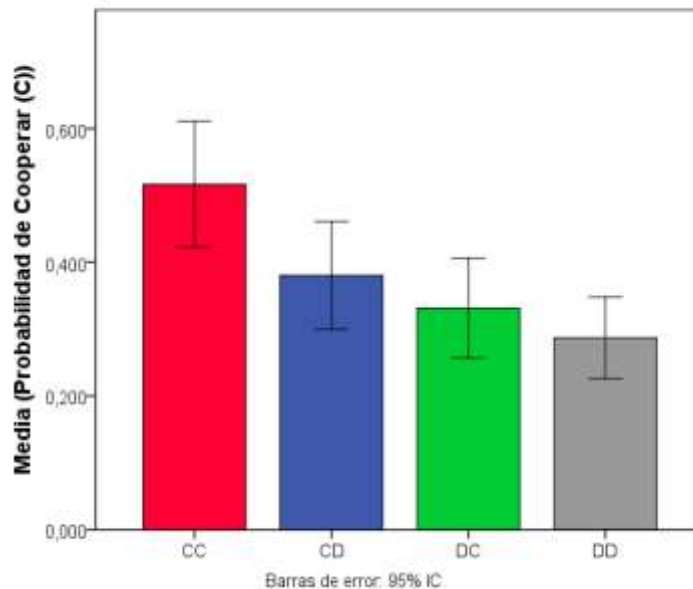


Figura 3. Probabilidad de Cooperar (C) dado el resultado de la ronda anterior (n-1)

La probabilidad de Cooperar (C) fue mayor significativamente cuando el resultado anterior fue CC en comparación a DC ($p<0.01$) y DD ($p<0.01$).

Probabilidad de C dado CC: $M=.47$, $SD=.25$; dado CD: $M=.39$, $SD=.24$; dado DC: $M=.34$, $SD=.19$ y dado DD: $M=.27$, $SD=.14$.

Respuestas emocionales

Para determinar cómo se modulan las distintas emociones (felicidad, enojo, tristeza, traición y culpa) frente a las distintas situaciones del DP (CC, CD, DC, DD) se realizaron ANOVAs independientes para cada emoción por tipo de resultado. Cada tipo de resultado se asoció con reacciones emocionales específicas (Ver Figura 4 y Tabla 4).

Para la emoción Felicidad hubo un efecto del tipo de resultado ($F(3,87) = 34.8$; $p=.001$; $\eta^2= .55$), siendo el reporte de felicidad mayor en las situaciones CC en comparación a CD ($p<0.01$) y DD ($p<0.05$).

Para la emoción Enojo hubo un efecto del tipo de resultado ($F(3,87) = 25.1$; $p=.001$; $\eta^2= .46$), siendo el reporte de enojo mayor en las situaciones CD en comparación a CC ($p<0.01$), DC ($p<0.01$) y DD ($p<0.01$).

Para la emoción Tristeza hubo un efecto del tipo de resultado ($F(3,87) = 12.8$; $p=.001$; $\eta^2= .31$), siendo el reporte de tristeza mayor en las situaciones CD en comparación a CC ($p<0.01$), DC ($p<0.05$) y DD ($p<0.01$).

Para la emoción Traición hubo un efecto del tipo de resultado ($F(3,87) = 21.2$; $p=.001$; $\eta^2= .42$), siendo el reporte de traición mayor en las situaciones CD en comparación a CC ($p<0.01$), DC ($p<0.01$) y DD ($p<0.01$).

Para la emoción Culpa hubo un efecto del tipo de resultado ($F(3,87) = 25.1$; $p=.001$; $\eta^2= .46$), siendo el reporte de culpa mayor en las situaciones DC en comparación a CC ($p<0.01$), CD ($p<0.01$) y DD ($p<0.01$).

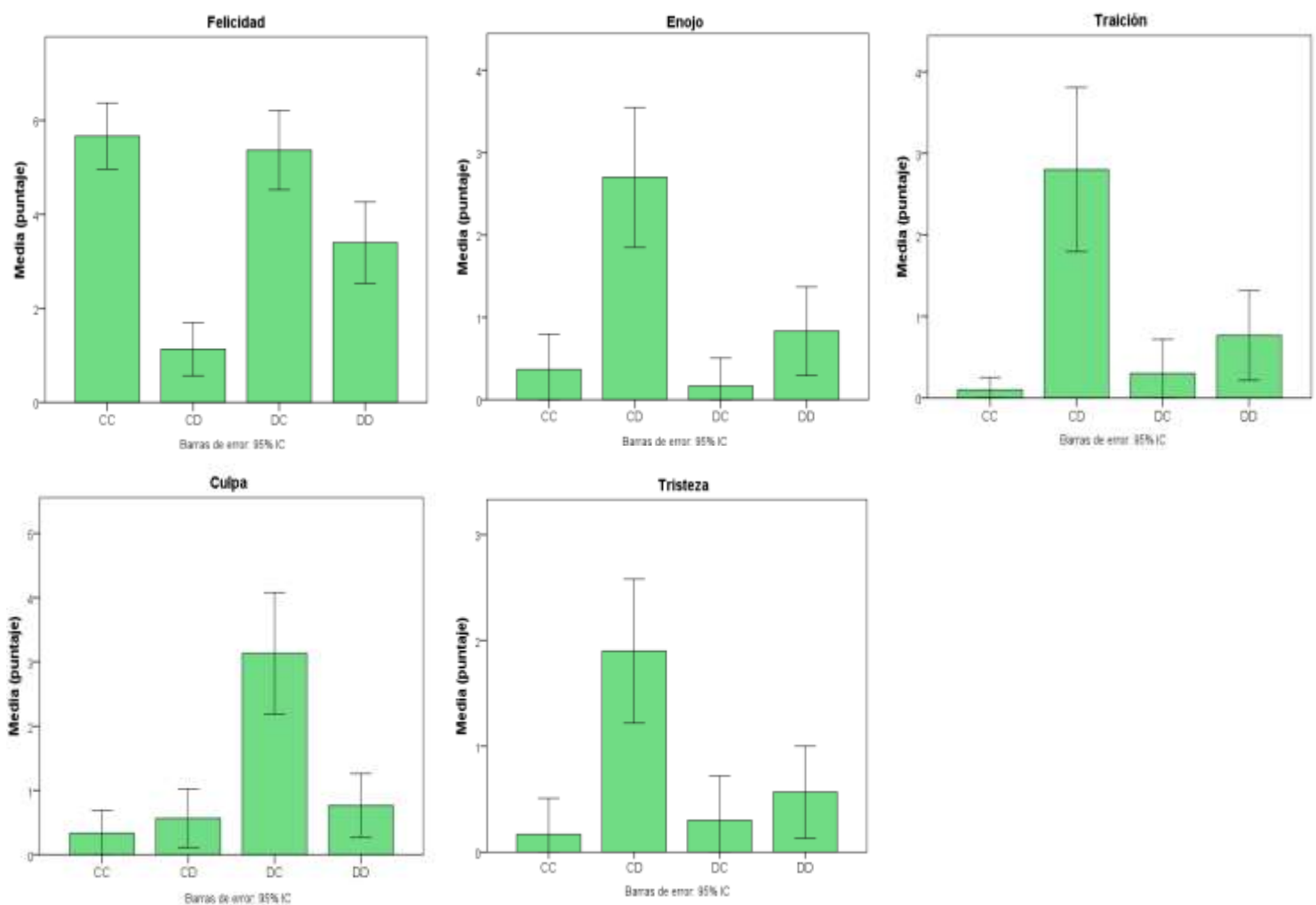


Figura 4. ANOVAs: Efecto tipo de resultado del DP sobre cada emoción.

Correspondencia en CC con el sentimiento de felicidad (afección positiva); CD se corresponde con enojo, traición y tristeza (afecciones negativas); DC se corresponde tanto con felicidad (afección positiva) como con sentimiento de culpa (afección negativa); DD se corresponde con niveles intermedios de todas las emociones con cierta tendencia hacia felicidad.

Tabla 4*Respuestas emocionales al DP*

	<i>Puntaje</i>
Felicidad en situación CC	5,7±1,9
Enojo en situación CC	0,4±1,2
Tristeza en situación CC	0,2±0,2
Traición en situación CC	0,1±0,4
Culpa en situación CC	0,3±1,5
Felicidad en situación CD	1,1±1,5
Enojo en situación CD	2,7±2,3
Tristeza en situación CD	1,9±1,8
Traición en situación CD	2,8±2,7
Culpa en situación CD	0,7±1,2
Felicidad en situación DC	5,4±2,6
Enojo en situación DC	0,2±0,9
Tristeza en situación DC	0,8±1,3
Traición en situación DC	0,3±1,1
Culpa en situación DC	3,1±2,5
Felicidad en situación DD	3,4±2,3
Enojo en situación DD	0,8±1,4
Tristeza en situación DD	0,6±1,2
Traición en situación DD	0,8±1,5
Culpa en situación DD	0,8±1,3

Los valores se dan en media ± desvío estándar.

Correlaciones entre variables psicométricas y comportamentales

Se encontró una correlación positiva significativa entre el número de competiciones (D) y los dominios de IIP-64 que reflejan dominancia/control ($r = .415$, $n = 30$, $p < .05$) y venganza/centrado en sí mismo ($r = .370$, $n = 30$, $p < .05$). Esto significa que los sujetos más competitivos obtuvieron mayores puntajes en los dominios que reflejan dominancia/control y venganza/centrado en sí mismo del IIP-64. A su vez, el número de competiciones (D) se correlacionó en forma negativa con el dominio de IP-64 que refleja falta de asertividad ($r = .378$, $n = 30$, $p < .05$) y auto-sacrificio ($r = .388$, $n = 30$, $p < .05$). Por lo tanto, aquellos sujetos que se desempeñaron de forma más competitiva presentaron mayores índices de asertividad y menores índices de auto-sacrificio (Ver figura 5).

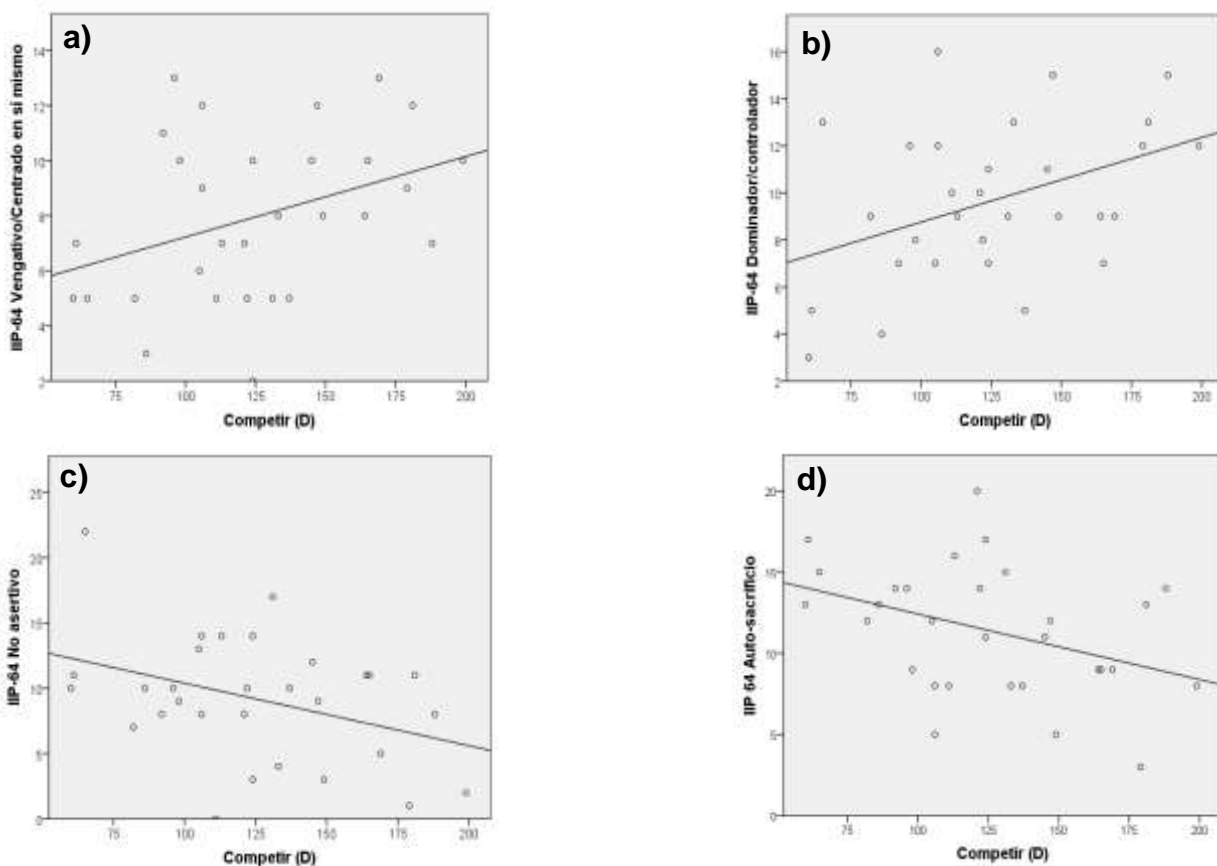


Figura 5. Correlaciones entre dominios de IIP-64 y competir (D).

Se muestra correlaciones para los dominios IIP-64: a) Dominancia/controlador; b) Vengativo/Centrado en sí mismo; c) No asertivo; d) Auto-sacrificio.

Tomando en cuenta la probabilidad de cooperar (C) dado el trial anterior ($n-1$) se encontró una correlación negativa significativa entre la probabilidad de Cooperar(C) luego de mutua cooperación (CC) y los dominios de IIP-64 que reflejan dominancia/control ($r = -0.489$, $n = 30$, $p = .006$) y vengativo/centrado en sí mismo ($r = -.439$, $n = 30$, $p = .015$). Este resultado demuestra que aquellas personas las cuales obtuvieron puntajes más altos en los dominios que reflejan

dominancia/control y vengativo/centrado en sí mismo del IIP-64 presentaron menor probabilidad de Cooperar luego de mutua cooperación (CC)

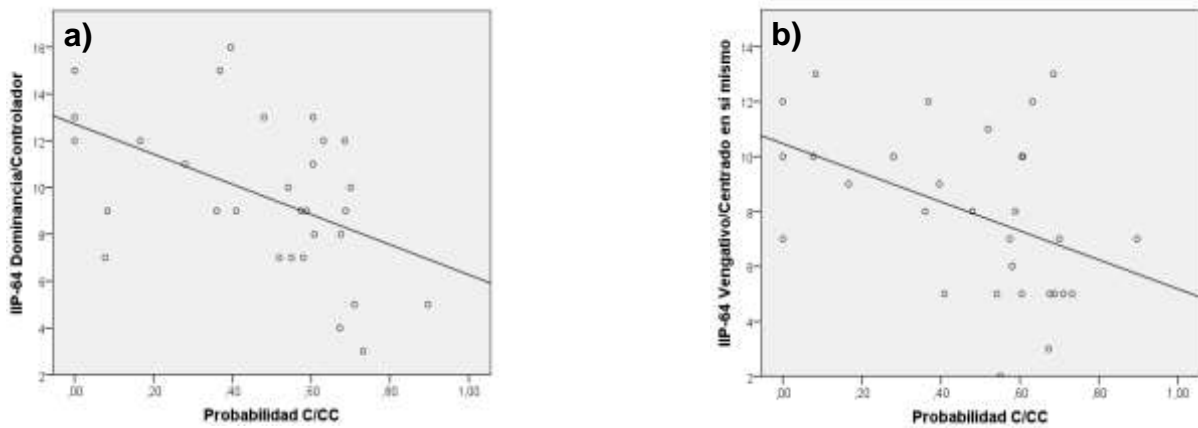


Figura 6. Correlación entre dominios de IIP-64 y probabilidad de Cooperar (C) luego de mutua cooperación (CC) en trial anterior (n-1).

Se muestra correlación para los dominios IIP -64: a) Dominancia/controlador; b) Vengativo/Centrado en sí mismo.

En relación a la probabilidad de Cooperar(C) luego de que el participante coopera y el algoritmo compite (CD) se encontraron dos correlaciones negativas significativas con los dominios de IIP-64 dominancia/controlador ($r = .444$, $n = 30$, $p < .01$) y vengativo/centrado en sí mismo ($r = -.370$, $n = 30$, $p < .05$). Aquellos participantes que presentaron menor probabilidad de Cooperar luego de que el participante coopera y el algoritmo compite (CD) tuvieron puntajes mayores en los dominios que reflejan dominancia/control y vengativo/centrado en sí mismo del IIP-64 (Ver figura 7).

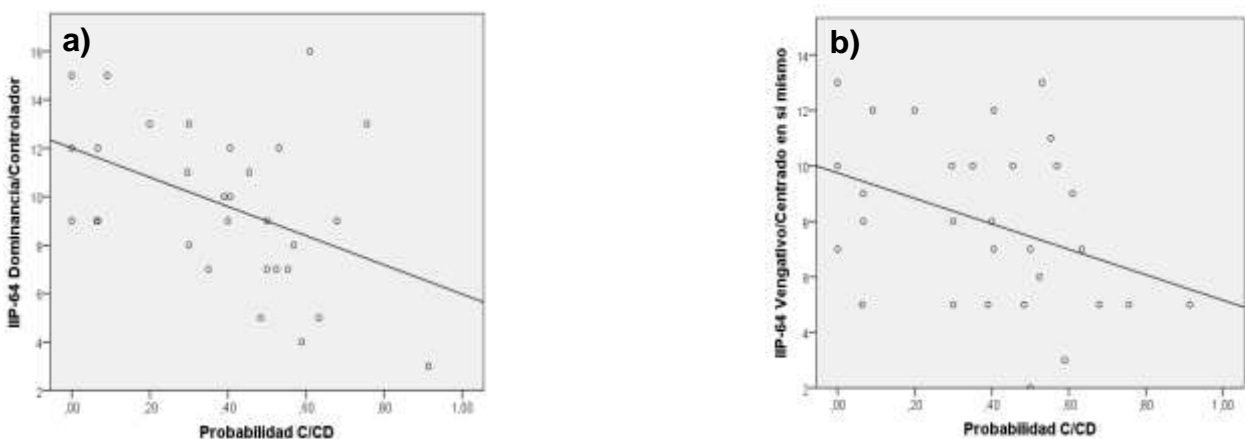


Figura 7. Correlación entre dominios de IIP-64 y probabilidad de Cooperar (C) luego de que el participante coopera y algoritmo compite (CD) en trial anterior (n-1).

Se muestra correlación para los dominios IIP -64: a) Dominancia/controlador; b) Vengativo/Centrado en sí mismo.

No se encontraron correlaciones significativas entre el número de competiciones (D) y la escala de Competencia Intrasexual (ISC) ($r = -.298$; $n=25$; $p>0.1$). Tampoco se encontraron correlaciones significativas entre el número de competiciones (D) y la escala de Dominancia Social (SD) ($r = 0.039$; $n=25$; $p>0.5$) ni para la escala de Dominancia Agresiva (AD) ($r = -0.109$; $n=25$; $p>0.5$).

Análisis de ERP

Tomando en cuenta un umbral mínimo de 20 eventos/condición para poder realizar el análisis de ERP, 22 de un total de 30 participantes (73%), cumplieron el criterio preestablecido para poder ser analizados.

De los 22 participantes habilitados para realizar el análisis de ERP se descartaron 5 participantes: uno de ellos por problemas técnicos durante el registro de EEG y los otros 4 fueron eliminados del análisis por presentar demasiados artefactos en la señal de EEG.

El gran promedio se realizó con una muestra final de 17 participantes (57% del total de participantes) (Ver Tabla 5).

Tabla 5

Distribución de condiciones en los participantes que se utilizaron en el análisis de ERP

<i>n=17</i>	<i>Nº de eventos</i>	<i>Porcentaje</i>
CC	35±13	26%
CD	28±7	21%
DC	33±7	24%
DD	41±15	29%
Total	137±4	100%

Los valores se dan en media ± desvío estándar.

FRN

No se observó un efecto significativo del “Tipo de resultado” sobre el electrodo *Fcz* ($F(3,48) = 1.8$; $p>.05$, $\eta^2 = .01$). Tampoco se observó un efecto significativo del “Tipo de resultado” sobre el promedio de electrodos *F1-Fz-F2-Fc1-Fcz-Fc2* ($F(3,48) = 1.9$; $p>.05$, $\eta^2 = .11$).

Mediante comparaciones múltiples, se observa una diferencia de medias significativa en electrodo *Fcz* (Ver figura 8) y electrodos promediados *F1-Fz-F2-Fc1-Fcz-Fc2* (Ver figura 9) entre los tipos de resultados CC y CD siendo CD el tipo de resultado de mayor amplitud negativa para la ventana temporal delimitada. Se utilizó el método de Bonferroni para realizar el ajuste en comparaciones múltiples (Ver tabla 6).

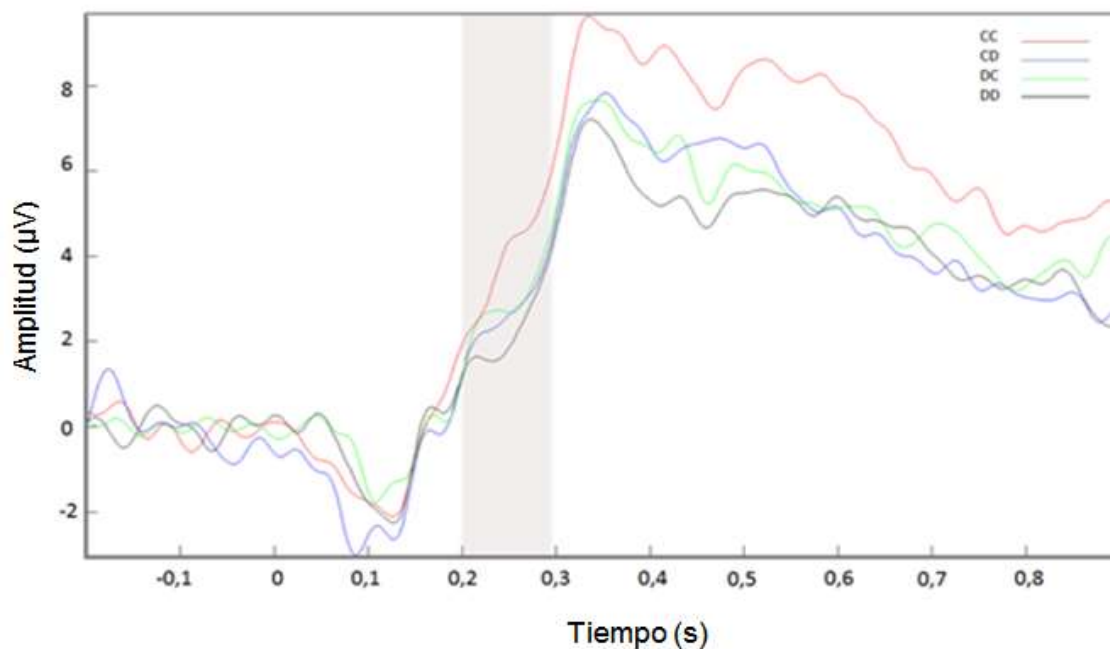


Figura 8. Gráfico correspondiente a electrodo Fcz.

Diferencia significativa al comparar media de amplitud (uV) entre situación CC y CD ($p < 0.05$).

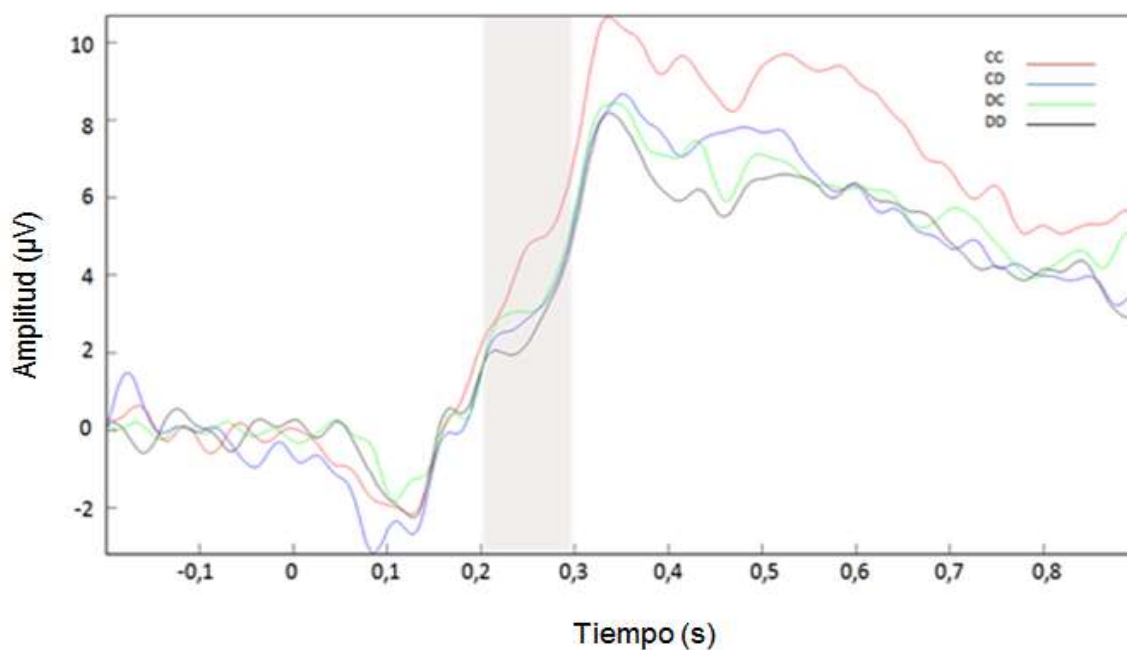


Figura 9. Gráfico correspondiente al promedio de electrodos F1, Fz, F2, Fc1, FCz, Fc2.

Diferencia significativa al comparar media de amplitud (uV) entre situación CC y CD ($p < 0.05$).

Tabla 6*Tipo de resultado x electrodo*

	Voltaje (uV) CC	Voltaje (uV) CD	Voltaje (uV) DC	Voltaje (uV) DD	Comparación por pares	Significancia
Fcz	4,4±4,9	3,1±4,3	3,3±4,1	2,7±4,2	CC-CD	p=.030*
					CC-DC	p=.490
					CC-DD	p=.196
Prom:F1-Fz-F2-Fc1-Fcz-Fc2	4,0±4,3	2,8±3,8	2,9±3,7	2,3±3,8	CC-CD	p=.036*
					CC-DC	p=.152
					CC-DD	p=.089

Los valores se dan en media ± desvío estándar.

*Significancia a nivel .05.

Nota: Se utilizó el método de Bonferroni para realizar el ajuste en comparación por pares.

Discusión

Este proyecto intenta explorar los correlatos psicofisiológicos de la cooperación y competencia interpersonal utilizando la tarea del Dilema del Prisionero. Para ello, se dividió el proyecto en dos Estudios. A través del Estudio I se intentó controlar las condiciones del DP implementando un algoritmo capaz de balancear las condiciones de éste de la manera más eficaz posible. A través del Estudio II se investigó el desempeño de los participantes al realizar el DP y su respuesta neural frente a las distintas condiciones de la tarea.

Desde el punto de vista comportamental, hemos observado en ambos estudios que los participantes fueron más competitivos que cooperativos. Es decir, eligieron en mayor medida la opción de No Cooperar (D) en comparación a Cooperar (C). Por lo tanto, DD y DC fueron las situaciones que presentaron mayor número de eventos. Esto tiene sentido dado que en el DP existe una estrategia dominante la cual es Competir (D) de manera tal que los jugadores al elegir esta opción se aseguran de obtener 1 o 3 puntos dependiendo de la respuesta del co-jugador. Competiendo, a su vez evitan correr el riesgo de ser “explotados” y obtener 0 punto.

En base a la probabilidad de Cooperar (C) dado lo sucedido en la ronda anterior, hemos observado tanto en el Estudio I como en el Estudio II, que los participantes en general eligieron en mayor medida la opción de Cooperar (C) luego de que en la ronda anterior hubo mutua cooperación (CC). Posiblemente la probabilidad de Cooperar (C) se incrementa debido a que en la ronda anterior el beneficio económico es el mismo para ambos y sería esperable por parte del participante que continúe de esa forma en la ronda siguiente.

En el Estudio II se pudo constatar que la tarea del DP es capaz de provocar diferentes estados emocionales en los participantes de acuerdo a los diferentes tipos de resultados. Al igual que en los trabajos publicados por Rilling *et al.*, 2008 y Gradin *et al.*, 2016, en nuestro estudio los participantes reportaron el mismo patrón de respuestas emocionales tanto positivas como negativas. De forma específica, CC se correspondió con la emoción de la felicidad, CD se correspondió con emociones negativas tales como enojo, traición y tristeza, DC se correspondió fuertemente con el sentimiento de culpa y DD no se correspondió con ninguna emoción en particular.

Estos resultados permiten pensar que los participantes mantuvieron un importante grado de involucramiento al realizar la tarea. Sumado a esto, es importante destacar que todos los participantes del Estudio II creyeron que estaban jugando junto a otra persona, lo que enfatiza aún más el porte ecológico del estudio realizado.

A diferencia de otros estudios en los cuales se utilizó el DP, el Estudio II aporta información sobre un nexo entre la respuesta comportamental de los participantes en términos de

cooperación/competencia y diversos dominios que reflejan problemas interpersonales. Particularmente hemos observado que aquellos participantes que presentaron puntajes altos en los dominios dominancia/controlador y vengativo/centrado en sí mismo del IIP-64 se desempeñaron de forma más competitiva. Puntajes altos en el dominio dominancia/controlador del IIP-64 indican características de personalidad que tienen que ver con el control y la manipulación, es decir en tratar de influenciar en otras personas de forma hostil. Puntajes altos en el dominio vengativo/centrado en sí mismo del IIP-64 indica características de personalidad muy irritables, vengativas y poco empáticas, con poca capacidad de perdón hacia los demás. Las asociaciones encontradas en este estudio podrían deberse a que las personas que puntúan alto en estos subdominios presentarían características de personalidad dominantes con poca capacidad empática. Es posible que no “tomen en cuenta” a sus pares y se enfoquen exclusivamente en su propio beneficio. Por lo tanto, se podría especular mayores niveles de competitividad en personas con este tipo de características.

Asimismo estas personas (con altos puntajes en los dominios dominancia/controlador y venganza/centrado en sí mismo del IIP-64) ante aquellas situaciones en las cuales son explotados (CD) o su cooperación es correspondida (CC), mostraron una probabilidad relativamente baja de cooperar en la ronda siguiente. Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente se podría especular que personas con este tipo de características podrían ser capaces de romper con la cooperación y tomar revancha de una situación sin mayores inconvenientes posiblemente debido a un comportamiento liderado por el dominio sobre el otro y con poca capacidad de perdón.

Sumado a esto, los resultados indicaron que los participantes más competitivos presentaron menor índice de auto sacrificio y mayor índice de asertividad. En este caso, ambas cualidades hacen esperable una mejor performance en términos económicos para el participante. Por un lado, se reduce el riesgo de ser explotado por el contrincante al evitar cooperar de forma frecuente (menor auto sacrificio) y de esta manera obtener 0 punto. A su vez, ser asertivo implica realizar una correcta lectura del juego y en base a ello definir una estrategia (Cooperar o No cooperar) para un mayor beneficio propio.

FRN Y DP

En el presente estudio se pudo observar diferencias de voltaje importantes en regiones fronto-centrales entre las situaciones CC y CD en lo que respecta al FRN siendo CC la situación que presenta menor amplitud negativa y CD mayor amplitud negativa. En el caso de CC, ésta es la mejor situación social del DP para el jugador ya que implica mutua cooperación y en términos económicos se reparten 2 puntos para cada uno. En el caso de CD, ésta es la peor situación económica y social para el sujeto cooperador ya que es “traicionado” y no obtiene puntos (0) mientras que el oponente obtiene su máxima ganancia individual (3).

Por lo tanto, los resultados son consistentes con los resultados obtenidos en otros estudios en los cuales se han combinado registros de EEG con tareas que evalúan el sistema de recompensa a través de la ganancia/pérdida económica y tareas que implican interacciones sociales (Ghering & Willoughby 2002, Nieuwenhuis *et al.*, 2004, Polezzi *et al.*, 2008, Boksem *et al.*, 2011, Wang *et al.*, 2013, Osinsky *et al.*, 2014).

Los primeros estudios que han descrito al componente, utilizaron tareas que implican meramente la obtención o pérdida de una recompensa por parte del participante. Una de las tareas más utilizadas para este propósito, es la tarea denominada “gambling task”. Esta tarea fue utilizada en el estudio llevado a cabo por Ghering & Willoughby 2002. Los investigadores pudieron observar un potencial cerebral de polaridad negativa (FRN) cuya amplitud era mayor cuando los participantes elegían entre dos opciones aquellas que daban lugar a una pérdida en comparación a una ganancia económica.

El mismo resultado se obtuvo en el estudio de Nieuwenhuis *et al.*, 2004. Los investigadores pudieron observar que el componente es especialmente sensible a las pérdidas-económicas/respuestas-incorrectas en comparación a las ganancias-económicas/resultados-correctos.

A través de estudios que involucran interacciones sociales por parte de los participantes, se ha observado que el componente es modulado por situaciones sociales. En el estudio de comparación social realizado por Boksem *et al.*, 2011, se observó que el componente era más negativo en forma significativa en aquellas situaciones en las cuales los participantes obtenían un mal resultado mientras que a los co-jugadores les iba bien en comparación a la situación en la cual ambos obtenían resultados desfavorables.

Siguiendo en la misma línea, en el estudio realizado por Osinsky *et al.*, 2014 en el cual los participantes realizaron la tarea del Ultimatum Game (UG), los participantes debían aceptar o rechazar montos de dinero repartidos de forma justa o injusta. En este estudio se observó que las ofertas injustas indujeron un FRN de mayor amplitud en comparación a las ofertas justas.

El mismo resultado se obtuvo en el estudio realizado por Polezzi *et al*, 2008, en el cual ante ofertas injustas se observó de forma significativa un mayor voltaje negativo del FRN en comparación a las ofertas justas.

Uno de los estudios que involucra interacciones sociales más cercano al presente estudio es el realizado por Wang *et al.*, 2013. En este estudio se implementó la tarea del “Chicken Game” (CG). Al igual que en el DP, el CG representa un dilema social en el cual dos jugadores de forma independiente eligen entre Cooperar o Competir con el otro jugador y el resultado obtenido depende de la combinación de sus decisiones; sin embargo esta tarea presenta una matriz de pagos distinta al DP. En el CG no existe estrategia dominante ya que a diferencia del DP, la mutua competencia (DD) es el peor resultado para ambos jugadores mientras que en el DP el peor resultado es cuando la cooperación no es correspondida (CD).

En este estudio al igual que en el presente, se ha observado que el voltaje del componente FRN es más negativo en la situación CD en comparación a CC.

Últimamente se ha propuesto que el FRN podría reflejar el impacto emocional/afectivo de un evento, es decir la importancia subjetiva de los resultados de la acción para un individuo y no exclusivamente en reflejar “señales de error” de predicción de recompensas como se ha determinado en estudios que han utilizado tareas que miden niveles de recompensa (Ghering & Willoughby 2002, Fukushima *et al*, 2006). Una “señal de error” ocurre cuando los eventos son peores de lo esperado, donde la expectativa se ha desarrollado según la historia de refuerzos previos asociados con una respuesta (Holroyd & Coles, 2002; Holroyd *et al.*, 2005). Estas “señales de error” son codificadas por el sistema dopaminérgico desde el mesencéfalo a el Cortex Cingulado Anterior (ACC) y son parte fundamental del sistema de recompensa (Nieuwenhuis *et al.*, 2004).

Recientemente, mediante tareas que involucran interacciones sociales, se ha demostrado que el ACC (supuesta fuente del FRN) también estaría implicado en procesar “señales de error” del entorno social como la posible pérdida de recursos sociales tales como la exclusión, rechazo social y la experiencia de culpa y vergüenza (Boksem *et al*, 2012).

Teniendo en cuenta los antecedentes mencionados anteriormente, en nuestro estudio la situación de cooperación no correspondida (CD) presenta un FRN más acentuado que la situación en la cual existe mutua cooperación (CC). Este efecto podría asociarse a que CD implicaría un mayor impacto motivacional negativo o con una señal de error acentuada con respecto a CC en términos de recompensa. Por ende, el componente podría estar modulado en principio por la pérdida económica tal cual como se ha descrito en los estudios en los cuales se utilizó la tarea de “Gambling Task”.

Sin embargo, resulta interesante destacar que si únicamente el componente fuese modulado por la ganancia/pérdida monetaria, la situación en la cual el participante obtiene su mayor puntaje individual (3 puntos – DC) debería provocar un FRN con mayor amplitud positiva como en el caso de CC. Sin embargo, no hemos observado tal efecto.

Es posible que esto se deba a que en la situación DC, si bien el jugador experimenta satisfacción por el puntaje obtenido, a su vez se genera un fuerte sentimiento de culpa por haber “traicionado” a la otra persona. Por lo tanto la valencia emocional en la situación DC no es absolutamente positiva a pesar que la valencia económica si lo es (ganancia). A diferencia de DC, cuando existe mutua cooperación (CC) el único sentimiento reportado por los jugadores es de satisfacción (felicidad) dado el beneficio mutuo lo cual refleja que es la única situación social del DP únicamente positiva desde el punto de vista social y afectivo. Esta diferencia entre CC y DC (social y emocional) sería importante para comprender que en el DP el FRN se modularía no solo por el efecto monetario sino también por un efecto social/emocional tal como se ha venido planteando en estudios recientes.

En suma, el FRN podría estar implicado en señalar el impacto afectivo/emocional de un evento; particularmente frente a eventos aversivos o desfavorables de forma rápida.

Con respecto a las limitaciones del trabajo realizado, el presente estudio parte de la limitación de que las condiciones de éste no pueden ser controladas. Como consecuencia, el tamaño de la muestra utilizada para el análisis de ERP se vio directamente afectado. Sería deseable obtener un mayor número de datos de EEG para realizar el análisis de ERP ya que la muestra utilizada en este estudio fue relativamente pequeña.

Conclusiones

Este proyecto intenta explicar los correlatos psicofisiológicos de la cooperación y competencia interpersonal mediante una tarea en la cual los participantes se enfrentan a un verdadero dilema social. El DP recrea un escenario interactivo en el cual cada jugador toma una decisión en forma independiente pero cuyo resultado no depende solamente de él al igual que las decisiones que las personas enfrentan en su día a día.

Desde el punto de vista comportamental, lo más importante a destacar es que aquellas personas con mayores niveles en los dominios dominante/controlador y vengativo/centrado en sí mismo del IIP-64 se desempeñaron de forma más competitiva que el resto de los jugadores. Por lo tanto el DP podría ser una tarea interesante para evaluar dificultades interpersonales.

En relación a los correlatos psicofisiológicos, se encontró una señal de FRN la cual fue modulada por las distintas situaciones del DP. De manera interesante, los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado en la literatura. Se ha interpretado que el FRN podría relacionarse con procesos cognitivos y emocionales subyacentes a la evaluación de sucesos. Por lo tanto, el FRN señalaría la actividad de un sistema neural que implica al ACC el cual desempeña un papel crucial en la integración de información cognitiva y afectiva en el control del comportamiento y en la toma de decisiones.

Es importante destacar que no hemos encontrado bibliografía en la cual se haya utilizado la tarea del DP con ERP posiblemente por no poder controlar las condiciones del experimento. Sumado a esto, no hemos tenido conocimiento de estudios en Uruguay que utilicen electroencefalografía para investigar la activación neural asociada a las interacciones sociales.

A futuro sería interesante plantear el mismo estudio en personas con trastornos psiquiátricos.

En personas que padecen este tipo de trastornos tal como la depresión, sus interacciones sociales se encuentran deterioradas y repercuten negativamente en su calidad de vida. Estudios de esta índole podrían aportar información para la identificación de biomarcadores neurales que ayuden a realizar diagnósticos más precisos en poblaciones psiquiátricas.

Agradecimientos

Se agradece especialmente a Álvaro Cabana, Eliana Nicolaisen, Valentina Paz, Alfonso Pérez y Mateo Arcos quienes colaboraron en el diseño y ejecución del estudio; a todos los voluntarios que participaron de la investigación y a todas las personas que forman parte del Centro de Investigación Básica en Psicología (CIBPsi).

Bibliografía

- Baumeister, R. F., & Leary, M. R. (1995). The need to belong: desire for interpersonal attachments as a fundamental human motivation. *Psychological bulletin*, 117(3), 497.
- Boksem, M. A., Kostermans, E., & De Cremer, D. (2011). Failing where others have succeeded: medial frontal negativity tracks failure in a social context. *Psychophysiology*, 48(7), 973-979.
- Boksem, M. A., Kostermans, E., Milivojevic, B., & De Cremer, D. (2012). Social status determines how we monitor and evaluate our performance. *Social cognitive and affective neuroscience*, 7(3), 304-313.
- Buunk, A. P., & Fisher, M. (2009). Individual differences in intrasexual competition. *Journal of Evolutionary Psychology*, 7(1), 37-48.
- Falkenstein, M., Hoormann, J., Christ, S., & Hohnsbein, J. (2000). ERP components on reaction errors and their functional significance: a tutorial. *Biological psychology*, 51(2), 87-107.
- Gehring, W. J., & Willoughby, A. R. (2002). The medial frontal cortex and the rapid processing of monetary gains and losses. *Science*, 295(5563), 2279-2282.
- Gradin, V. B., Pérez, A., Macfarlane, J. A., Cavin, I., Waiter, G., Tone, E. B., ... & Steele, J. D. (2016). Neural correlates of social exchanges during the Prisoner's Dilemma game in depression. *Psychological medicine*, 46(06), 1289-1300.
- Hajcak, G., Moser, J. S., Holroyd, C. B., & Simons, R. F. (2006). The feedback-related negativity reflects the binary evaluation of good versus bad outcomes. *Biological psychology*, 71(2), 148-154.
- Holroyd, C. B., & Coles, M. G. (2002). The neural basis of human error processing: reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychological review*, 109(4), 679.
- Holroyd, C. B., Hajcak, G., & Larsen, J. T. (2006). The good, the bad and the neutral: electrophysiological responses to feedback stimuli. *Brain research*, 1105(1), 93-101.
- Horowitz, L. M., Rosenberg, S. E., & Bartholomew, K. (1993). Interpersonal problems, attachment styles, and outcome in brief dynamic psychotherapy. *Journal of consulting and clinical psychology*, 61(4), 549.

Ibanez, A., Melloni, M., Huepe, D., Helgiu, E., Rivera-Rei, A., Canales-Johnson, A., ... & Moya, A. (2012). What event-related potentials (ERPs) bring to social neuroscience?. *Social neuroscience*, 7(6), 632-649.

Jung, T. P., Makeig, S., Westerfield, M., Townsend, J., Courchesne, E., & Sejnowski, T. J. (2001). Analysis and visualization of single-trial event-related potentials. *Human brain mapping*, 14(3), 166-185.

Kalma, A. P., Visser, L., & Peeters, A. (1993). Sociable and aggressive dominance: Personality differences in leadership style?. *The Leadership Quarterly*, 4(1), 45-64.

Kreps, D. M., Milgrom, P., Roberts, J., & Wilson, R. (1982). *Rational Cooperation in the Finitely-Repeated Prisoners' Dilemma* (No. TR-375). STANFORD UNIV CA INST FOR MATHEMATICAL STUDIES IN THE SOCIAL SCIENCES.

Kujawa, A., Arfer, K. B., Klein, D. N., & Proudfit, G. H. (2014). Electrocortical reactivity to social feedback in youth: a pilot study of the Island Getaway task. *Developmental cognitive neuroscience*, 10, 140-147.

Leng, Y., & Zhou, X. (2010). Modulation of the brain activity in outcome evaluation by interpersonal relationship: an ERP study. *Neuropsychologia*, 48(2), 448-455.

Luck, S. J., Woodman, G. F., & Vogel, E. K. (2000). Event-related potential studies of attention. *Trends in cognitive sciences*, 4(11), 432-440.

Luck, S. J. (2005). *An introduction to the event-related potential technique*. MIT press.

Mailhos, Á., Buunk, A. P., & del Arca, D. (2013). La relación 2D: 4D muestra una leve correlación positiva con la dominancia agresiva, pero no con la dominancia social, en jugadores de fútbol de categorías formativas de un equipo de Primera División en Uruguay. *Ciencias Psicológicas*, 7(2), 143-150.

Nieuwenhuis, S., Holroyd, C. B., Mol, N., & Coles, M. G. (2004). Reinforcement-related brain potentials from medial frontal cortex: origins and functional significance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 28(4), 441-448.

Niedermeyer, E., & da Silva, F. L. (Eds.). (2005). *Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields*. Lippincott Williams & Wilkins

Nowak, M., & Sigmund, K. (1993). A strategy of win-stay, lose-shift that outperforms tit-for-tat in the Prisoner's Dilemma game. *Nature*, 364(6432), 56-58.

Oostenveld, R., Fries, P., Maris, E., Schoffelen, JM (2011) *FieldTrip: Open Source Software for Advanced Analysis of MEG, EEG, and Invasive Electrophysiological Data*. Computational Intelligence and Neuroscience, Volume 2011, doi:10.1155/2011/156869

Osinsky, R., Mussel, P., Öhrlein, L., & Hewig, J. (2013). A neural signature of the creation of social evaluation. *Social cognitive and affective neuroscience*, nst051.

Polezzi, D., Daum, I., Rubaltelli, E., Lotto, L., Civai, C., Sartori, G., & Rumiati, R. (2008). Mentalizing in economic decision-making. *Behavioural brain research*, 190(2), 218-223.

Sanfey, A. G. (2007). Social decision-making: insights from game theory and neuroscience. *Science*, 318(5850), 598-602.

Rigoni, D., Polezzi, D., Rumiati, R., Guarino, R., & Sartori, G. (2010). When people matter more than money: An ERPs study. *Brain research bulletin*, 81(4), 445-452.

Rilling, J. K., Gutman, D. A., Zeh, T. R., Pagnoni, G., Berns, G. S., & Kilts, C. D. (2002). A neural basis for social cooperation. *Neuron*, 35(2), 395-405.

Rilling, J. K., Sanfey, A. G., Aronson, J. A., Nystrom, L. E., & Cohen, J. D. (2004a). Opposing BOLD responses to reciprocated and unreciprocated altruism in putative reward pathways. *Neuroreport*, 15(16), 2539-2243.

Rilling, J. K., Sanfey, A. G., Aronson, J. A., Nystrom, L. E., & Cohen, J. D. (2004b). The neural correlates of theory of mind within interpersonal interactions. *Neuroimage*, 22(4), 1694-1703.

Rilling, J. K., Goldsmith, D. R., Glenn, A. L., Jairam, M. R., Elfenbein, H. A., Dagenais, J. E., ... & Pagnoni, G. (2008). The neural correlates of the affective response to unreciprocated cooperation. *Neuropsychologia*, 46(5), 1256-1266.

Rilling, J. K., King-Casas, B., & Sanfey, A. G. (2008). The neurobiology of social decision-making. *Current opinion in neurobiology*, 18(2), 159-165.

Rilling, J. K., & Sanfey, A. G. (2011). The neuroscience of social decision-making. *Annual review of psychology*, 62, 23-48.

Sato, A., Yasuda, A., Ohira, H., Miyawaki, K., Nishikawa, M., Kumano, H., & Kuboki, T. (2005). Effects of value and reward magnitude on feedback negativity and P300. *Neuroreport*, 16(4), 407-411.

San Martín, R. (2012). Event-related potential studies of outcome processing and feedback-guided learning. *Frontiers in human neuroscience*, 6, 304.

Wang, Y., Roberts, K., Yuan, B., Zhang, W., Shen, D., & Simons, R. (2013). Psychophysiological correlates of interpersonal cooperation and aggression. *Biological psychology*, 93(3), 386-391.

Wheeler, L., Reis, H., & Nezlek, J. B. (1983). Loneliness, social interaction, and sex roles. *Journal of Personality and social Psychology*, 45(4), 943.

Anexo

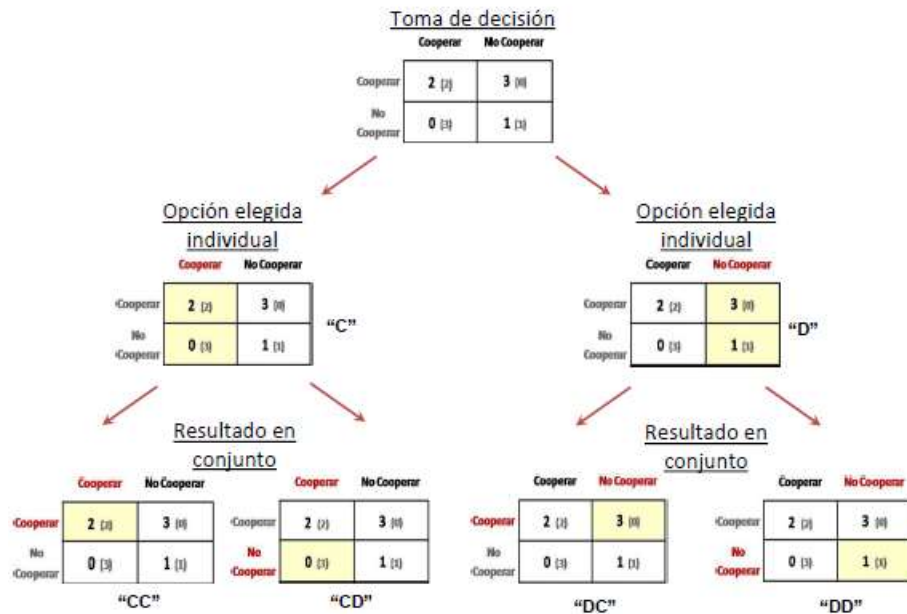


Figura 1. Tarea comportamental: Dilema del Prisionero (DP).

A los participantes se les indicaba que debían elegir las columnas mientras que el supuesto cojugador elegiría las filas. La columna de la izquierda se seleccionaba con la tecla “z” mientras que la columna de la derecha se seleccionaba con la tecla “m”. El tiempo de cada ronda es de 13 ± 1 s.

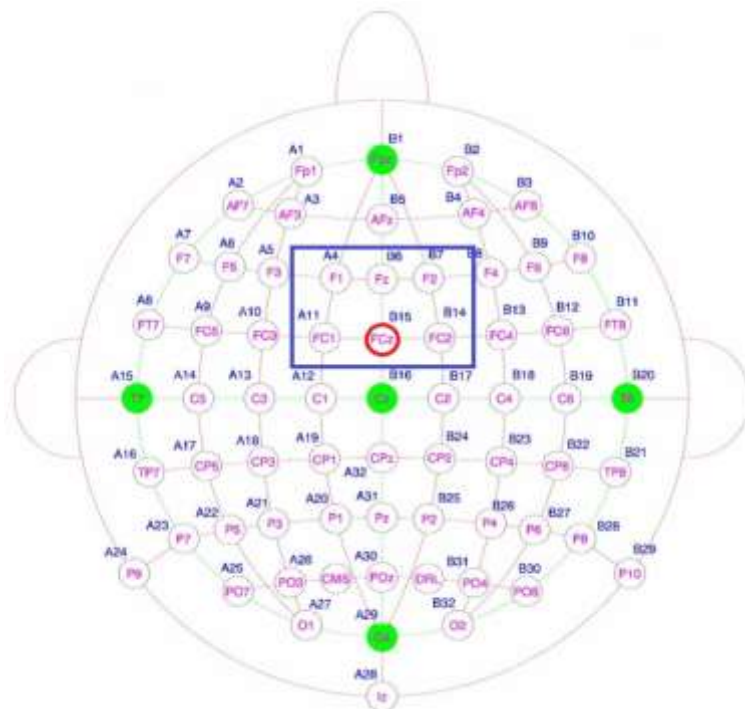


Figura 2. Electrodo seleccionado para análisis de FRN.

El círculo marcado en rojo corresponde al electrodo seleccionado para el análisis en forma individual mientras que el rectángulo azul corresponde a los electrodos seleccionados para realizar el promedio.

Imagen extraída y editada de https://www.biosemi.com/pics/cap_64_layout_medium.jpg