



8 Modulación estrogénica de la toma de decisiones arriesgadas¹

Estrogenic modulation for making risky decisions

Stefanny Palacio Duque*

Juliana Villa Ramírez**

Felipe Parrado Corredor***

Mario Rosero Pahi****

Resumen

La toma de decisiones es un proceso que puede estar influenciado por el aprendizaje emocional, estados fisiológicos y experiencias propioceptivas. Así, los niveles de estrógeno pueden afectar la elección de opciones riesgosas. Para comprobar esto, se registró la propensión al riesgo con la tarea “Iowa Gambling Task”, en un grupo de 9 estudiantes universitarias, entre los 18 y 28 años, durante las tres fases del ciclo menstrual. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,01$) en el porcentaje de elecciones riesgosas en los primeros bloques de la tarea en la fase ovulatoria. A pesar de la variabilidad intersujeto y del tamaño de la muestra, este hallazgo indica que los niveles hormonales modulan el aprendizaje emocional o la aversión al riesgo.

Palabras claves:

Riesgo, marcador somático, Iowa Gambling Task, Ciclo menstrual, estrógeno.

*Psicóloga, Universidad Católica de Pereira,

** Psicóloga, Universidad Católica de Pereira,

***Psicólogo Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Psicología del Consumidor, Fundación Universitaria Konrad Lorenz. Mágister en Cerebro y Conducta, Universidad de Sevilla. Docente investigador del programa de Psicología de la Universidad Católica de Pereira. Contacto: felipe.parrado@ucp.edu.co

**** Psicólogo Universidad del Valle, Magister en Neurociencia Universidad de Chile, estudiante de doctorad en Neurociencia traslacional, Universidad Heidelberg.

Recibido:
18 de Julio de 2014

Aprobado:
18 de octubre de 2014

¹ Este artículo es producto del trabajo de grado para optar por el título de Psicólogas, asesorado por Felipe Parrado Corredor y Mario Rosero Pahi



Foto: Marco Alejandro Escobar

Abstract:

Decision making is a process that would be influenced by emotional learning, physiological states and proprioceptive experiences. Thus, estrogen levels may affect the selection of risky choices. To determine it, risk tendency was measured with the “Iowa Gambling Task”, in a group of 9 women, between 18 and 28 years old, during the three phases of their menstrual cycle. Significant differences were found ($p < 0.01$) in the percentage of risky choices for the first blocks of the task in the ovulatory phase. Despite the intersubjective variability and sample size, this finding indicates that hormone levels modulate emotional learning or risk aversion.

Keywords:

Somatic marker, Iowa Gambling Task, Menstrual cycle, estrogen.

La toma de decisiones es un proceso cognitivo complejo que media la conducta de elección en diferentes situaciones y contextos. Para emitir una acción nueva es necesario un cambio duradero en los mecanismos de conducta, que son el resultado de la experiencia, a partir de la cual se genera un aprendizaje. Este último es el que permite realizar una elección, es decir, que el sujeto haga una cosa u otra, con el fin de garantizar la supervivencia (Domjan, 2010).

Si bien la toma de decisiones se lleva a cabo a partir de procesos de aprendizaje, es importante mencionar que ella se lleva a cabo a partir del conocimiento que se tenga sobre tres aspectos fundamentales:

1. La situación sobre la que se requiere tomar una decisión;
2. Las opciones de respuesta existentes;
3. Las posibles consecuencias inmediatas o futuras que implican la toma de dicha decisión (Damasio, 1994).

El conocimiento que se tiene acerca de las opciones sobre las cuales se debe tomar una decisión se construye a partir de experiencias previas que generan un sentimiento/ sensación un aprendizaje emocional. Posteriormente, esa emoción se traduce en una marca somática que actuará como un biomarcador ante decisiones futuras.

Damasio (1994) propone que los marcadores somáticos son un caso especial de sentimientos generados a partir de emociones secundarias. Estos sentimientos se hacen contingentes a través del aprendizaje, con resultados futuros predecibles de determinados situaciones. El mecanismo actúa sobre la toma de decisiones, como un sistema cualificador que facilita la elección al disminuir las alternativas, mediante la reducción probabilística de una opción previamente asociada a la experimentación de un estímulo negativo. Cuando un marcador somático se yuxtapone a un determinado resultado futuro, dicha combinación funciona como una alarma. En cambio, cuando lo que se superpone es un marcador somático positivo, se convierte en una señal de incentivo.

Las bases neurales que posibilitan los cambios de dichos estados somáticos estarían localizadas anatómicamente en el lóbulo prefrontal, más específicamente en la corteza pre-frontal ventromedial –VMPFC- (Fukui, Murai, Fukuyama, Hayashi, & Hanakawa, 2005) que comprende las áreas 35 y parcialmente las 24, 32, 10, 11, 12, de Brodmann (Figura 1). En estas áreas se procesan los refuerzos y castigos asociados a la conducta,

con el fin de optimizar respuestas futuras ante situaciones ambiguas, produciéndose así un aprendizaje.

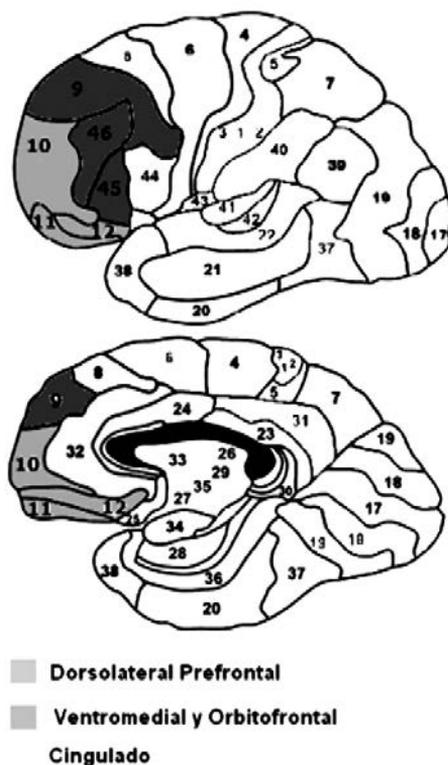


Figura 1. Principales divisiones de la corteza prefrontal según áreas de Brodmann (Contreras et al, 2008, p.288).

La VMPFC es la única estructura prefrontal que posee densas conexiones recíprocas con la amígdala (Barbas, 2000), la cual es fundamental en la expresión y experimentación de emociones; así como en el aprendizaje emocional (Morris, Öhman, & Dolan, 1998).

Estudios en pacientes con lesiones en esta área (VMPFC) reportan una marcada dificultad para la planificación de acciones, así como una distorsión en la toma de decisiones. Esto se debe a una incapacidad para la activación de estados somáticos asociados a consecuencias y castigos previamente aprendidos, como resultado de situaciones sociales específicas (Bechara & Damasio, 2005). Esta incapacidad es generada por la interrupción de la

principal vía de comunicación entre las áreas emocionales y las estructuras encargadas del procesamiento cognitivo, que imposibilita una asociación entre emoción y acción. En la toma de decisiones, lo anterior significa un aumento en la toma de riesgos (Contreras Ros, Catena Martínez, Cándido Ortiz, Perales López, & Maldonado López, 2008).

Uno de los casos clínicos más famosos y reconocidos en esta área es el de Phineas Gage (1823-1861), cuyo comportamiento fue el primero en revelar una conexión entre la racionalidad deteriorada y una lesión cerebral concreta (H. Damasio, Grabowski, Frank, Galaburda, & Damasio, 1994). Gage había sabido todo lo que precisaba saber para generar elecciones dirigidas a mejorar su vida; sin embargo, después de su accidente, las decisiones que tomaba no tenían en cuenta su mejor interés, las elecciones que tomaba no eran neutras y además eran claramente desventajosas. Si bien era el mismo, no había una relación existente entre los valores y emociones que previamente había adquirido y sus decisiones. A partir de este caso, con técnicas modernas de reconstrucción digital, se tejieron hipótesis sobre los procesos que se generan a partir de las estructuras prefrontales; también se generó un acercamiento al proceso de la toma de decisiones, las implicaciones del riesgo y la importancia del aprendizaje a partir de emociones en dicho proceso (Wagar & Thagard, 2004).

Con el fin de abordar el problema de asociación entre emoción y acción ante la toma de una decisión arriesgada, Bechara, Damasio, Damasio y Anderson (1994) desarrollaron la tarea de apuestas denominada Iowa Gambling Task, la cual contiene elementos de aprendizaje de reversión de contingencias a un nivel complejo. Esta tarea es realizada en tiempo real e imita los juegos de cartas comunes, posee factores de penalización y recompensa e incluye valores monetarios. Hace que el sujeto se empeñe en la búsqueda de un beneficio, plantea riesgos y ofrece elecciones, pero no dice cómo, cuándo o qué elegir. Está llena de incertidumbres y la única manera de minimizarlas es generar intuiciones, estimaciones de probabilidad por cualquier medio, ya que no es posible el cálculo preciso (Damasio, 2005). Así, una decisión arriesgada es aquella que genera un grado de incertidumbre mayor al momento de realizarse una elección y que a su vez tiene implícito un riesgo asociado previamente a una marca somática (Bechara, Damasio, Tranel, & Damasio, 2005).

Inicialmente, esta tarea fue aplicada a personas que presentaban algún tipo de daño prefrontal en el cual se veía comprometido el componente emocional. Esto con el fin de observar los problemas relacionados con la

toma de decisiones arriesgadas y la incapacidad de asociación de los estados somáticos a las elecciones realizadas. Los resultados en la realización de esta tarea indican que al no presentarse la relación entre emoción y elección, los participantes realizaban su elección con base en la recompensa obtenida y no sobre la penalización consiguiente a la elección, a pesar de conocer cuáles eran las cartas ventajosas y desventajosas (Bechara et al., 2005).

Teniendo en cuenta que el proceso de toma de decisiones se incluye dentro de los procesos que se generan a nivel prefrontal, es importante mencionar que estas regiones a su vez reciben señales de diferentes biorreguladores del cerebro humano. Las señales distribuyen diferentes neurotransmisores, como la dopamina, serotonina y norepinefrina, donde la dopamina es fundamental en el funcionamiento de los mecanismos de recompensa que operan sobre la toma de decisiones (Witbracht, Laugero, Van Loan, Adams, & Keim, 2012).

La dopamina es el neurotransmisor más importante del sistema nervioso central (Bahena-Trujillo, Flores, Arias-Montaña, & de Puebla, 2000), aunque es producido en muchas partes del sistema nervioso, se encuentra especialmente en los ganglios simpáticos, tallo cerebral, y la sustancia nigra; además en el hipotálamo funciona como neuro-hormona al inhibir la liberación de prolactina. Las neurona dopaminérgicas se distribuyen ampliamente por la corteza cerebral y los núcleos basales, configurando sus propias vías (Bustamante, 2001).

En la mayoría de las regiones del cerebro, la dopamina es inactivada por la re-captación de serotonina en las terminaciones nerviosas, a través del transportador de dopamina (Kayser, Allen, Navarro-Cebrian, Mitchell, & Fields, 2012). Sin embargo, en la corteza prefrontal la presencia de este transportador es escaso; en consecuencia, ante la presencia del catecol-metil-transferasa (COMT), principal vía de la degradación de la dopamina en la corteza prefrontal (Figura 2), se produce una disminución importante de dicho neurotransmisor en el área mencionada (Kayser et al., 2012), lo cual influye significativamente en la disminución del control inhibitorio de respuestas, que se encuentra antecedido por la toma de decisiones.

Diversos estudios han demostrado que el funcionamiento dopaminérgico a su vez se encuentra modulado por diversas enzimas, como los estrógenos, que de alguna manera afectan el procesamiento cognitivo. En particular, se ha sugerido una fuerte relación entre la actividad dopaminérgica y el control inhibitorio de las respuestas motoras, memoria de trabajo y atención (Chambers, Garavan, & Bellgrove, 2009). Teniendo en cuenta

que la toma de decisiones se apoya en las funciones ejecutivas mencionadas anteriormente, este proceso hormonal podría también mediar el proceso de toma de decisiones como tal.

Las hormonas son sustancias sintetizadas por el sistema endocrino y liberadas al torrente sanguíneo, medio por el cual se distribuyen por todo el cuerpo, incluyendo el sistema nervioso (Puerto, 2005). Los estrógenos son las hormonas sexuales femeninas, producto de diferentes cambios que se generan dentro de las fases del ciclo menstrual en las mujeres. Este último se entiende como el proceso hormonal que tiene su inicio en la pubertad y su finalización en la madurez. A su vez, el ciclo menstrual se presenta en intervalos regulares de 24 a 34 días (28 en promedio); comienza con la aparición de la menstruación en un periodo de 3 a 8 días (5 como media). Durante los 28 días que dura este ciclo se llevan a cabo dos procesos: el de ovulación y el proceso endometrial.

El proceso de ovulación en particular, es donde se liberan los estrógenos y la progesterona. A su vez, el ciclo menstrual consta de 3 fases: folicular, ovulatoria y lútea (Silbergeld, Brast, & Noble, 1971). En la primera, las hormonas FSH y LH posibilitan el inicio del desarrollo folicular; durante este proceso se liberan grandes cantidades de estrógenos a partir del líquido folicular secretado por las células granulosa.

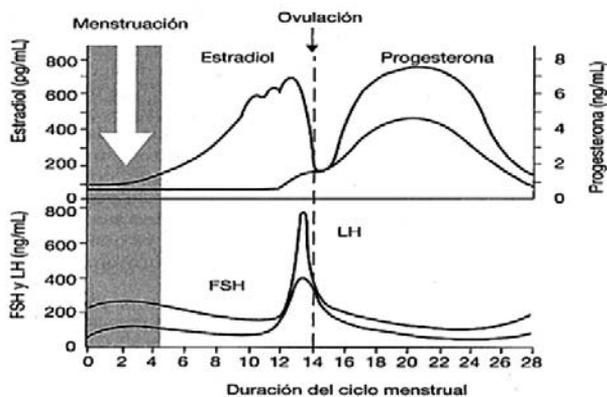


Figura 2. Concentraciones hormonales en el ciclo menstrual (Arango, 2008, p. 21)

Posteriormente, la LH estimula un tipo de células conocidas como de la Teca, las cuales producen andrógenos que entran en las células granulosa para formar estradiol. Es en esta etapa donde más concentraciones de estradiol se presentan, entre el día 6 y el 12 del ciclo menstrual.

En este sentido, varios estudios han reportado que la fase folicular del ciclo menstrual, donde se presentan altos niveles de estradiol, está asociada con un incremento en la descarga de dopamina en roedores (Becker, Molenda, & Hummer, 2001; Colzato, van den Wildenberg, & Hommel, 2007). La capacidad moduladora de los estrógenos sobre la dopamina se deriva de que cuando el estrógeno ingresa en el cerebro, es transformado en catecolestrógeno. Este metabolito tiene la propiedad de inhibir la Catecol-metiltransferasa, una enzima responsable de la degradación de la Dopamina. El efecto neto resultante de dicha inhibición es el incremento de la actividad dopaminérgica en las sinapsis que poseen receptores para este neurotransmisor (Ball, Knuppen, Haupt, & Breuer, 1972) .

Por lo tanto, en la medida en la que se producen cambios en los niveles de estrógeno dentro de las diferentes fases del ciclo menstrual, estos niveles guardarían una relación directa con la regulación de la actividad dopaminérgica. Algunas investigaciones han demostrado que las mujeres son menos eficientes en ejercer un control inhibitorio de las respuestas motoras durante la fase folicular del ciclo menstrual (Colzato et al., 2007). Como se describió anteriormente, se trata de un proceso que, al igual que la toma de decisiones, tiene sus bases neuro-anatómicas en regiones prefrontales. En este sentido, es importante mencionar que la teoría del marcador somático propone que un cambio integral del estado corporal incluye modificaciones en las vísceras y el sistema neuro-esquelético, inducidas por señales neurales y químicas, a través de un sistema de preferencia interno que consta de disposiciones reguladoras formuladas para garantizar la supervivencia del organismo (Damasio, 2005).

De esta manera, teniendo en cuenta la relación entre los diferentes procesos que modulan la toma de decisiones, a partir de la teoría del marcador somático, la presente investigación pretende analizar la modulación de la toma de decisiones arriesgadas por un aumento significativo de los niveles de estrógeno producidos a lo largo del ciclo menstrual, a partir de la supuesta incidencia que posee esta hormona sobre el sistema dopaminérgico y la relación que tiene este sistema de neurotransmisores con las bases neurales sobre las cuales operan los marcadores somáticos que actúan a la hora de tomar una decisión.

Métodos

Se sigue un diseño cuasi-experiencial, para determinar la posible modulación de los niveles de estrógeno producidos en las tres fases del ciclo menstrual sobre el proceso de la toma de decisiones arriesgadas.

Dentro de la determinación de variables se cuenta con dos específicamente. Por una parte, se encuentran los niveles de estrógeno producidos durante las diferentes fases del ciclo menstrual, como variable independiente; mientras que la elección riesgosa será la variable dependiente.

Participantes

En esta investigación participó un grupo base compuesto por 9 mujeres, entre los 18 y 28 años, estudiantes de la Universidad Católica de Pereira². A cada una de las participantes se les aplicó la tarea denominada Iowa Gambling Task, en tres momentos específicos correspondientes a las fases del ciclo menstrual. Posterior a esto, se realizó un análisis comparativo de los porcentajes de elección en la tarea.

Dentro de los parámetros de inclusión establecidos para la realización del estudio, se determinó que cada una de las mujeres debía cumplir con las siguientes características: ninguna podía haber estado en embarazo recientemente; no podían estar utilizando métodos anticonceptivos hormonales por lo menos tres meses antes de realizar el estudio; no debían ser fumadoras regulares; y no podían estar haciendo uso de medicamentos antidepresivos. Esta información se obtuvo a partir de un cuestionario diligenciado por cada una de las participantes al iniciar el estudio, con el fin de descartar cualquier tipo de alteración hormonal, así como la producción y síntesis normal de dopamina que pudiese interferir en los resultados del estudio.

La selección de los participantes se realizó a través de un muestreo voluntario no probabilístico. El rol de participante en la investigación fue tomado de manera voluntaria; previamente a realizar el estudio se plantearon las condiciones y características referentes al mismo, tales como tiempo requerido, instrumentos utilizados, así como las consideraciones éticas, donde se incluyen los parámetros de confidencialidad que abarcan el proceso. Todos estos aspectos fueron consignados en un consentimiento informado, firmado por cada una de las participantes.

Instrumentos y procedimiento

Dentro de los instrumentos utilizados para la recolección de información, en un primer momento se aplicó la prueba de inmunoensayo tipo Elisa, conocido como 17 beta-Estradiol Saliva, diseñado para medir la hormona

² *Este estudio se encuentra adscrito a la línea de Neurociencia y Conducta, del grupo de investigación de Clínica y Salud Mental, pertenecientes al Programa de Psicología de la Universidad Católica de Pereira.*

Luteinizante (LH). Esta prueba permite determinar los niveles de estradiol y progesterona en cada una de las fases del ciclo menstrual (menstrual, folicular, lútea), a partir de muestras de saliva; el análisis de estas muestras se realizó en el laboratorio “Enlace Lab”, ubicado en la ciudad de Bogotá. Es importante mencionar que las mujeres que conformaron el grupo no coincidieron en una determinada fase del ciclo menstrual, lo cual contribuye con la aleatoriedad del estudio.

Una vez determinadas estas fases, se procedió a la aplicación de la prueba denominada Iowa Gambling Task (Figuras 3 y 4). Esta tarea simula un juego de cartas para levantar de cuatro barajas diferentes (A, B, C, D). Con las barajas A y B se ganan cantidades variables de dinero, con una media de ganancia por carta de 60 dólares; de igual manera, se pierden cantidades variables, con una media de pérdida de 750 dólares. Con las barajas C y D se ganan cantidades cuya media es de 30 dólares y se pierde una media de 240 dólares por cada diez cartas levantada, tal como se muestra en la figura 3. El juego concluye cuando se han levantado 100 cartas (Tirapu-Ustárroz & Luna-Lario, 2008) del ambiente ilustrado en la figura 4 .

Cartas "Buenas"		Cartas "Malas"	
A	B	C	D
Ganancia por carta	\$100	\$50	\$50
Pérdida por 10 cartas	\$1250	\$250	\$250
Neto por 10 cartas	-\$250	+\$250	+\$250

Figura 3. Iowa Gambling Task (traducida de Bechara et al, 2005, p.160).

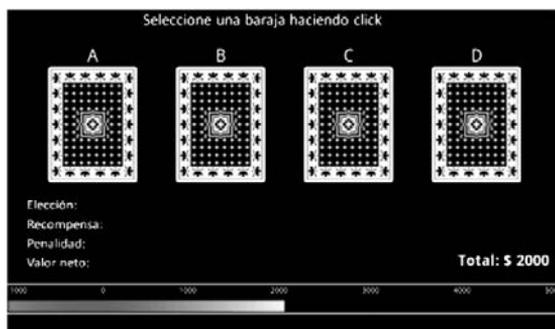


Figura 4. Ambiente virtual *Iowa Gambling Task*.

Durante la fase experimental se utilizó la tarea descrita anteriormente en tres momentos diferentes del mes. Estos tres ensayos correspondieron a cada una de las fases del ciclo menstrual de las mujeres a quienes se les realizó la aplicación, y a partir de estos se pudo determinar el desempeño en cada una de las fases. Posteriormente, se procedió a realizar el análisis comparativo de los resultados obtenidos durante la realización de la tarea.

Análisis de información

La tarea fue implementada en el programa Matlab (Mathworks trademark, MA, USA) con la librería Psychotoblox (Kleiner et al., 2007); luego se utilizó el programa SPSS 15.0, con el cual se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cada uno de los cinco bloques que comprenden la tarea, y por otra parte, se realizó un análisis a partir de los resultados de cada una de las mujeres en las tres fases que comprenden el ciclo menstrual.

Resultados

Para el estudio de la posible modulación de los niveles estrógenos sobre la toma de decisiones arriesgadas, se realizó un análisis de los resultados obtenidos de cada una de las participantes en la aplicación de la tarea Iowa Gambling Task, en 3 momentos específicos que correspondieron a cada una de las fases del ciclo menstrual.

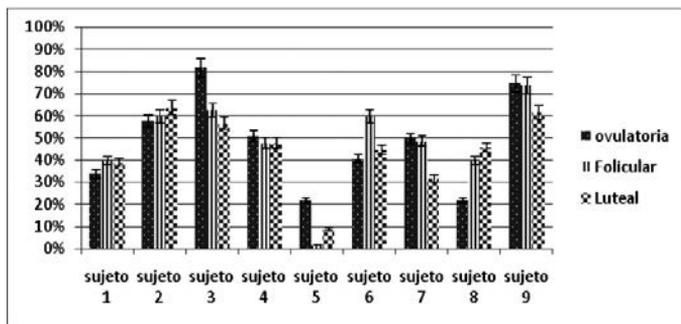


Figura 5. Porcentaje de elecciones riesgosas durante la tarea según fase del ciclo menstrual

La figura 5 corresponde al desempeño de las participantes en porcentajes de elecciones riesgosas durante el estudio. Allí se observa que no existe una tendencia similar sobre este comportamiento que pueda relacionarse con determinada fase del ciclo menstrual.

A partir del análisis estadístico de los datos encontrados, se observa que no existen diferencias significativas ($P=0,606$, $GL= 2$, $Min= 261,400$,

F=0,503) entre el porcentaje de elección de opciones riesgosas en relación con determinada fase del ciclo menstrual (Tabla 1).

ANOVA

Porcentaje					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	262,917	2	131,458	,503	,606
Intra-grupos	30583,750	117	261,400		
Total	30846,667	119			

Tabla 1. Anova de un factor de elección de opciones riesgosas según ciclo menstrual

En un segundo momento, se analizó el desempeño de las participantes en los 5 bloques que comprendieron la tarea, compuestos cada uno de 20 ensayos. Esto se realizó con el fin de observar el comportamiento en la toma de decisiones a lo largo de la realización del estudio, para cada una de las fases del ciclo menstrual (Figura 6).

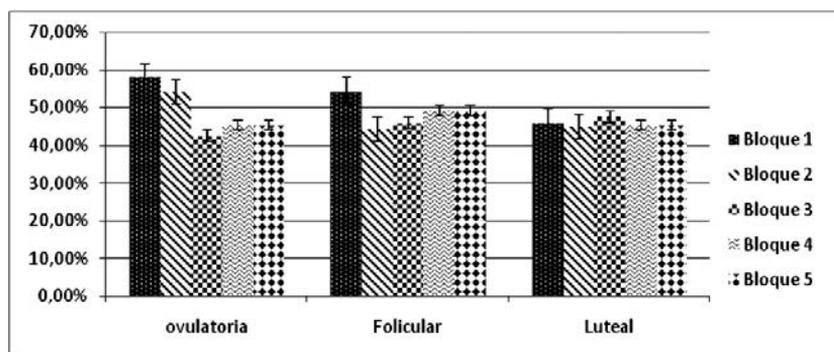


Figura 6. Promedio de respuestas riesgosas por bloques según fase de ciclo menstrual

En la figura 6, los resultados demuestran que en el bloque 1 los sujetos poseen un mayor porcentaje promedio de elecciones riesgosas, mostrando una preferencia por las cartas A y B. A partir del bloque 2 este porcentaje de elecciones riesgosas disminuye de forma gradual, con la elección de las cartas C y D, una tendencia de elección que se mantiene hasta finalizar la tarea en los bloques 4 y 5. Se debe notar la mayor variabilidad en los primeros bloques en comparación de los últimos.

Adicionalmente, se observa que durante la fase menstrual se encuentra el pico más alto de elecciones riesgosas en relación con las otras fases del ciclo menstrual, lo cual no es consecuente con la hipótesis inicialmente planteada. El análisis de estos resultados ($P= 0.009$, $G1=15$, $Min=2.600$, $F=2.234$) indica que, estadísticamente, existe una diferencia significativa en estos datos (Tabla 2).

Pruebas de los efectos inter sujetos

Medida: porcen

Variable transformada: Promedio

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Intersección	683,814	1	683,814	587,709	,000
Porcentaje	38,993	15	2,600	2,234	,009
Error	121,007	104	1,164		

Tabla 2. Anova de medidas repetidas para riesgo en relación con el ciclo y el bloque de la tarea

Discusión

A partir de los resultados obtenidos se encontró que no hubo una diferencia significativa que permita evidenciar la modulación de los estrógenos sobre la toma de decisiones arriesgadas (Tabla 1), ya que el comportamiento de elecciones riesgosas descrito en el análisis del desempeño muestra un comportamiento heterogéneo de las participantes durante la tarea en cada una de las fases del ciclo menstrual (Figura 5). De igual forma, en el análisis de desempeño por bloques (Figura 6) se evidencia que el comportamiento de elecciones riesgosas es levemente mayor en la fase ovulatoria, lo cual no permite corroborar la hipótesis inicialmente planteada.

La presente investigación pretendió explorar la posible modulación producida por los niveles de estrógeno presentes en las mujeres durante las diferentes fases del ciclo menstrual, sobre la toma de decisiones a partir de una tarea de apuestas que simula situaciones reales de toma de decisiones arriesgadas. Esto se llevó a cabo con el fin de ampliar el panorama que se tiene en torno a este proceso, teniendo en cuenta que el mismo se encuentra permeado por procesos cognitivos y fisiológicos, según como se plantea en la teoría de los marcadores somáticos.

Otros estudios indican el papel que cumplen los estrógenos en el funcionamiento dopaminérgico, reportando que dicha modulación de alguna u otra manera afecta diferentes procesos cognitivos, como el control inhibitorio de respuestas, memoria y atención (Chambers et al., 2009);

(Colzato et al., 2007). Es a partir de esto que surge el interés de analizar si de la misma manera que en otros procesos, los estrógenos modulan la toma de decisiones arriesgadas, teniendo en cuenta la base neural sobre la cual este opera.

Respecto a los resultados encontrados, se puede observar que si bien no existe evidencia suficiente para corroborar la hipótesis inicialmente planteada (Tabla 1), en el análisis de los datos obtenidos a lo largo del proceso se logra evidenciar cómo en la medida en la que el sujeto iba avanzando en la realización de la tarea, el comportamiento de elecciones riesgosas fue disminuyendo (Figura 6 y Tabla 2). El hallazgo permite plantear la posibilidad de que este comportamiento sea el resultado del aprendizaje emocional, basado en las consecuencias punitivas, lo cual es consecuente con la teoría de los marcadores somáticos y no como resultado de la modulación por parte de los estrógenos, como se planteó inicialmente. Sin embargo, esto no puede asegurarse dado que metodológicamente no es posible realizar dicha diferenciación.

Para comprobar este efecto, se podría utilizar un paradigma más robusto para estudiar del aprendizaje emocional como el condicionamiento clásico. Dunsmoor and Schmajuk (2009) han adaptado este paradigma, articulando un análisis de patrones de activación cerebral con el modelo de condicionamiento del miedo. La ventaja de este paradigma asociativo es que integra la captación de estímulos, intensidad y novedad, además de un patrón de acción organizado con un valor motivacional específico y valioso como especie. Asimismo, el modelo asociativo suele abordar la atención, ya que en principio atender consiste en separar lo relevante de lo irrelevante. Este fenómeno consiste la atenuación de la adquisición por efecto de la preexposición a estímulos, lo cual se traduce en una pérdida de valor de ellos a ser condicionados.

Este fenómeno es importante en la dinámica afectiva y cognitiva, puesto que permite entender por qué filtramos información conocida y novedosa, siendo la experiencia un factor importante que tiene repercusiones neurobiológicas claramente definidas. También se ha demostrado su ausencia en pacientes con esquizofrenia, quienes al ser medicados recuperan la capacidad de filtraje –no consiente o intencional- informacional alterado por su trastorno (Shurman, Horan, & Nuechterlein, 2005).

Schmajuk, Larrauri, De la Casa, and Levin (2009) señalan las vías y conexiones por las cuales se controla la acción; las vías dopaminérgicas son vitales para la detección de la novedad, además de su rol ya conocido

en el sistema motivacional. Por otra parte, son esenciales también las vías gabaérgicas como moduladores y la acetilcolina como modulador secundario de la inhibición. En este sentido, los efectos moduladores de la ejecución en la prueba podrían darse tanto en el mecanismo excitatorio como inhibitorio.

Conclusiones | Al igual que en anteriores estudios en los cuales se realizó la aplicación del Iowa Gambling Task en personas sanas (Bechara et al., 1994), se pudo observar que los sujetos sanos son sensibles a la penalización y prefieren evitarla antes que arriesgarse por la ganancia. A partir de allí, el marcador somático permite generar un despliegue de predicciones de futuros resultados, lo cual disminuye las probabilidades de penalización. Este comportamiento se puede observar al inicio del tercer bloque que comprende la tarea. Adicionalmente, se logra observar que el comportamiento de elección en los bloques 1 y 2 tiende hacia la búsqueda de la ganancia en un primer momento (ver figura 6).

En cuanto a la toma de decisiones arriesgadas en las fases del ciclo menstrual, a partir del análisis estadístico de los datos encontrados se observa que no existe una diferencia significativa sobre la cual se pueda afirmar o rechazar la hipótesis inicialmente planteada. Durante la fase ovulatoria se observa un mayor porcentaje de elecciones riesgosas que se presentan al inicio de la tarea (bloques 1 y 2), diferente de la fase folicular, en la cual se produce mayor cantidad de estradiol, por ende, no se puede afirmar que el efecto sea producto de la modulación de los estrógenos sobre este proceso. Aun así, los hallazgos son coherentes con la importancia evolutiva de este momento para la reproducción humana; en esta condición, las mujeres jóvenes tomarían más riesgos por las ganancias iniciales y luego volverían a evitar el riesgo, como en los demás estados de su ciclo menstrual.

Para futuros estudios, será importante deliberar sobre aspectos puntuales de la metodología y el procedimiento, como la ampliación de la muestra, una toma de datos más precisos de la concentración hormonal y el establecimiento de cohortes por diferentes edades.

La toma de decisiones es el proceso que permite la integración de la información percibida y recordada, a partir de marcas somáticas, con el fin de gobernar la conducta, donde se integran la percepción, memoria y la ejecución motora. Comprender la manera en la que este proceso puede ser modulado por otros procesos orgánicos, como el ciclo menstrual, permite un acercamiento a la comprensión global de la manera en la que opera, y generar fuentes de conocimiento que sirven de soporte

para futuras intervenciones y aplicaciones clínicas desde la psicología y otras disciplinas relacionadas con el tema. Los elementos abordados en la presente investigación corresponden a una pequeña parte de los numerosos aspectos que componen el proceso de toma de decisiones.

En cuanto a los objetivos planteados inicialmente para la realización del estudio si bien fueron alcanzados, el resultado obtenido no permite corroborar o negar la hipótesis planteada. Esto se debe a que las diferencias encontradas sobre la toma de decisiones arriesgadas durante las diferentes fases del ciclo menstrual no fueron lo suficientemente significativas en términos estadísticos (Tabla 1).

Es interesante ver cómo durante el análisis de las dos variables inicialmente planteadas (la toma de decisiones y las diferentes fases del ciclo menstrual), surge una tercera variable independiente: el aprendizaje emocional. Esta última está directamente relacionada con la teoría de los marcadores somáticos y la forma en que opera. De acuerdo con la literatura revisada, la ejecución en la tarea puede entenderse desde mecanismos excitatorios e inhibitorios, que se coordinan para la producción de la acción con valor motivacional, lo que varía a lo largo del tiempo. Por lo tanto, no sería posible desligar la atención y el aprendizaje de un patrón motor en potencia del valor afectivo que su ejecución pueda tener.

Bahena-Trujillo, R., Flores, G., Arias-Montaña, J. A., & de Puebla, P. (2000). Dopamina: síntesis, liberación y receptores en el Sistema Nervioso Central. *Rev Biomed*, 11, 39-60.

Ball, P., Knuppen, R., Haupt, M., & Breuer, H. (1972). Interactions between estrogens and catechol amines III. Studies on the methylation of catechol estrogens, catechol amines and other catechols by the catechol-O-methyltransferase of human liver. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 34(4), 736-746.

Barbas, H. (2000). Connections underlying the synthesis of cognition, memory, and emotion in primate prefrontal cortices. *Brain research bulletin*, 52(5), 319-330.

Becker, J. B., Molenda, H., & Hummer, D. L. (2001). Gender differences in the behavioral responses to cocaine and amphetamine. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 937(1), 172-187.

Bechara, A., & Damasio, A. R. (2005). The somatic marker hypothesis:

Referencias

A neural theory of economic decision. *Games and economic behavior*, 52(2), 336-372.

Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H., & Anderson, S. W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, 50(1), 7-15.

Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (2005). The Iowa Gambling Task and the somatic marker hypothesis: some questions and answers. *Trends in cognitive sciences*, 9(4), 159-162.

Bustamante, J. (2001). *Neuroanatomía Neuroanatomía funcional y clínica*. Editorial medica Celsus.

Colzato, L. S., van den Wildenberg, W. P., & Hommel, B. (2007). Impaired inhibitory control in recreational cocaine users. *PLoS One*, 2(11), e1143.

Contreras Ros, D., Catena Martínez, A., Cándido Ortiz, A., Perales López, J. C., & Maldonado López, A. (2008). Funciones de la corteza prefrontal ventromedial en la toma de decisiones emocionales. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 8(1), 285-313.

Chambers, C. D., Garavan, H., & Bellgrove, M. A. (2009). Insights into the neural basis of response inhibition from cognitive and clinical neuroscience. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(5), 631-646.

Damasio, A. (2005). *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain*: Penguin. com.

Damasio, H., Grabowski, T., Frank, R., Galaburda, A. M., & Damasio, A. R. (1994). The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science*, 264(5162), 1102-1105.

Domjan, M. (2010). *Principios de aprendizaje y conducta*: CENGAGE Learning.

Dunsmoor, J., & Schmajuk, N. (2009). Interpreting patterns of brain activation in human fear conditioning with an attentional–associative learning model. *Behavioral neuroscience*, 123(4), 851.

Fukui, H., Murai, T., Fukuyama, H., Hayashi, T., & Hanakawa, T. (2005). Functional activity related to risk anticipation during performance of the Iowa Gambling Task. *Neuroimage*, 24(1), 253-259.

Kayser, A. S., Allen, D. C., Navarro-Cebrian, A., Mitchell, J. M., & Fields, H. L. (2012). Dopamine, corticostriatal connectivity, and intertemporal choice. *The Journal of Neuroscience*, 32(27), 9402-9409.

Kleiner, M., Brainard, D., Pelli, D., Ingling, A., Murray, R., & Broussard, C. (2007). What's new in Psychtoolbox-3. *Perception*, 36(14), 1.1-16.

Morris, J. S., Öhman, A., & Dolan, R. J. (1998). Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala. *Nature*, 393(6684), 467-470.

Puerto, A. (2005). *La proyección humana de la psicobiología*: Ediciones Aljibe, S.L.

Schmajuk, N., Larrauri, J., De la Casa, L., & Levin, E. (2009). Attenuation of auditory startle and prepulse inhibition by unexpected changes in ambient illumination through dopaminergic mechanisms. *Behavioural brain research*, 197(2), 251-261.

Shurman, B., Horan, W. P., & Nuechterlein, K. H. (2005). Schizophrenia patients demonstrate a distinctive pattern of decision-making impairment on the Iowa Gambling Task. *Schizophrenia research*, 72(2), 215-224.

Silbergeld, S., Brast, N., & Noble, E. P. (1971). The menstrual cycle: A double-blind study of symptoms, mood and behavior, and biochemical variables using Enovid and placebo. *Psychosomatic Medicine*, 33(5), 411-428.

Tirapu-Ustárroz, J., & Luna-Lario, P. (2008). *Neuropsicología de las funciones ejecutivas*. Manual de neuropsicología. Barcelona: Viguera Editores, SL, 221-256.

Wagar, B. M., & Thagard, P. (2004). Spiking Phineas Gage: a neurocomputational theory of cognitive-affective integration in decision making. *Psychological review*, 111(1), 67.

Witbracht, M. G., Laugero, K. D., Van Loan, M. D., Adams, S. H., & Keim, N. L. (2012). Performance on the Iowa Gambling Task is related to magnitude of weight loss and salivary cortisol in a diet-induced weight loss intervention in overweight women. *Physiology & Behavior*, 106(2), 291-297.