UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

CENTRO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES EN COMPORTAMIENTO

PROPENSIÓN A LA NOVEDAD Y SENSIBILIDAD AL RIESGO

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR(A) EN CIENCIA DEL COMPORTAMIENTO

Opción: Analisis de la Conducta

PRESENTA

HÉCTOR OCTAVIO CAMARENA PÉREZ

Director: Dr. Oscar García Leal

Comité: Dr. José Enrique Burgos Triano

Agradecimientos

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo prestado para la elaboración de este proyecto, en el marco del número de beca para posgrado número 226898.

Contenido

Resumen i
Introducción ..... - 1 -
Riesgo y sensibilidad al riesgo... ..... - 1 -
La sensibilidad al riesgo y el modelo del presupuesto de energía ..... - 4 -
Procedimientos en sensibilidad al riesgo y hallazgos ..... - 8 -
Efectos de los fármacos en la conducta y la propensión al riesgo ..... - 14 -
Efectos del hambre en la conducta y sus implicaciones para el estudio de la sensibilidad al riesgo ..... - 22 -
Efectos de la manipulación de estados en la propensión al riesgo ..... - 37 -
Efectos de las diferencias individuales en animales no humanos y humanos en la propensión al riesgo..... - 43 -
Impulsividad ..... - 44 -
Ansiedad ..... - 49 -
Novedad, búsqueda de novedad y riesgo ..... - 58 -
Objetivo ..... - 97 -
Experimentos ..... - 101 -
Experimento 1 ..... - 101 -
Prueba de elección ..... - 103 -
Diseño y procedimiento ..... - 103 -
Resultados ..... - 106 -
Discusión y conclusiones ..... - 120 -
Experimento 2 ..... - 125 -
Diseño ..... - 125 -
Resultados ..... - 126 -
Discusión ..... - 143 -
Experimento 3 ..... - 149 -
Diseño ..... - 149 -
Discusión ..... - 152 -
Discusión general ..... - 161 -
Referencias ..... - 171 -
Anexos ..... - 183 -

RESUMEN

En el presente trabajo se aborda el tema de la sensibilidad al riesgo considerando sus hallazgos y explicaciones iniciales, así como la evidencia empírica más actual.

Considerando el efecto principal encontrado en los procedimientos en sensibilidad al riesgo, esto es la preferencia por la variabilidad al aumentar el grado de privación, se mostrará aquí que dicho efecto puede ser replicado empleando otras manipulaciones que no siempre concuerdan con la idea de minimización de las probabilidades de inanición inicialmente planteada por Stephens (1981) ni con la idea de la maximización inicialmente asumida por la teoría del forrajeo óptimo (Stephens & Krebs, 1986). Así, se demostrará con evidencia empírica, que la preferencia por la variabilidad puede ser replicada y explicada con la noción de procesos conductuales alterados que intervienen en la toma de decisiones. La alteración de estos procesos se encuentra asociada con: la administración de fármacos, la administración de procedimientos de alteran el estado del organismo, y diferencias individuales en determinados rasgos conductuales.

Dado que este trabajo está enfocado en el rasgo conocido como búsqueda de novedad, se describirá también la evidencia disponible en relación a los efectos de la novedad sobre la preferencia, con lo cual se mostrará que la novedad como rasgo conductual (búsqueda de novedad) y como propiedad de los estímulos puede aparecer asociada al riesgo (debido a las propiedades que ésta comparte con el riesgo) y en este caso particular a la preferencia por la variabilidad.

Conforme a lo anterior se describirá una serie de tres experimentos donde se analizó el efecto de la novedad como rasgo conductual y como propiedad de los estímulos en procedimientos basados en la metodología usada en el área de sensibilidad al riesgo.

Finalmente, en base a los resultados obtenidos, se discutirán las implicaciones que puede tener el estudio de las diferencias individuales en la búsqueda de novedad y los procesos conductuales alterados sobre la teoría del forrajeo óptimo y particularmente sobre el estudio de la sensibilidad al riesgo.

INTRODUCCIÓN

Riesgo y sensibilidad al riesgo

En un sentido básico y enciclopédico el riesgo puede entenderse como "contingencia o proximidad de un daño" o como "contingencia o posibilidad de que suceda un daño, desgracia o contratiempo". Evidentemente estas definiciones no abarcan todas las situaciones experimentales y cotidianas que implican riesgo. Sin embargo, dan una idea intuitiva de dos de los aspectos del riesgo; las consecuencias aversivas y su variabilidad, entendida como la posibilidad de que algo suceda.

En el estudio experimental de las elecciones arriesgadas y la sensibilidad al riesgo el término riesgo adquiere un significado relativamente distinto al anterior, aludiendo en términos generales a la preferencia por la variabilidad en el resultado de una opción determinada. Debido a que la variabilidad del resultado se manipula de forma distinta y a que los estudios parten de diferentes supuestos teóricos, la preferencia por la variabilidad suele ser descrita y medida en diferentes términos.[1]

Al margen de que existan diversas aproximaciones teóricas y metodológicas relativas al estudio del riesgo, el presente trabajo está enfocado a procedimientos donde el riesgo se entiende como la preferencia por la variabilidad en la entrega de reforzadores, esto es, procedimientos en sensibilidad al riesgo[2]. En dichos procedimientos la preferencia por la variabilidad se evalúa mediante la presentación de una opción con resultado fijo y otra con resultado variable, con un registro posterior de la frecuencia relativa con la que se elige cada opción (en términos generales este es el procedimiento básico).

[1] Es importante señalar que en un sentido experimental el riesgo también ha sido estudiado bajo condiciones que no implican necesariamente preferencia por la variabilidad. Por ejemplo, Killeen, Marras y Mckenzie (2011) evaluaron el riesgo usando una manipulación que simula ataques hacia peces (el riesgo en este caso se entiende como la probabilidad de depredación). No obstante, este trabajo se enfoca a procedimientos donde el riesgo se manipula variando la demora y/o la cantidad del reforzador, excluyendo el riesgo de predatorio.

[2] Esto no significa que el trabajo esté limitado a procedimientos y aproximaciones teóricas en sensibilidad al riesgo, ya que como se verá más adelante, existen otros procedimientos evalúan preferencia por la variabilidad sin recurrir al procedimiento básico

El punto de partida para la estudio de la sensibilidad al riesgo fue el hallazgo de Caraco, Martindale y Whittam (1980), en el cual las aves (*Junco phaenotus*) fueron expuestas a una opción constante (2 semillas con una probabilidad de 1) y una opción variable (0 o 4 semillas equiprobables), al pasar de dos a cuatro horas de privación, se dio un cambio en la preferencia, de modo que las aves pasaron de preferir la opción constante a preferir la opción variable. Posteriormente apareció la formulación del presupuesto de energía (Stephens, 1981) como un intento de explicar el efecto encontrado. De este modo, comenzó el estudio de la sensibilidad al riesgo en un sentido empírico, aunque los intentos de una definición conceptual aparecieron posteriormente.

Así, Kacelnik y Bateson (1996) hablan del riesgo en los siguientes términos: "El riesgo puede ser generado experimentalmente en un número de formas que pueden ser ampliamente divididas en variar o la cantidad de comida disponible en una opción de forrajeo o el tiempo asociado con la obtención del alimento" (p. 404).

Posteriormente Pietras y Hackenberg (2001) haciendo referencia al trabajo anterior definen la sensibilidad al riesgo del siguiente modo: "El término elección riesgosa ha sido usado para referirse a la conducta en relación con la variabilidad ambiental. La preferencia por alternativas fijas (constante) o variables ha sido descrita como sensibilidad al riesgo" (p. 1).

Conforme a esta definición los organismos pueden mostrar propensión al riesgo si prefieren la opción variable, aversión si prefieren la opción constante o indiferencia al riesgo en caso de que no haya una preferencia definida (Pietras y Hackenberg, 2001).

En este caso el término variabilidad se refiere a cambios en la frecuencia y/o demora del reforzador, de modo que una opción variable es aquella cuya elección tiene como consecuencia una probabilidad menor que uno de entregar el reforzador y la opción constante es aquella que tiene una probabilidad de 1 de entregar el reforzador. Dependiendo de la manipulación utilizada, la opción variable será la que tenga menor probabilidad de entregar el reforzador en relación a la opción constante aunque la probabilidad de ambas opciones sea menor que 1 (Stephens & Paton, 1986). Al hablar de probabilidades es necesario hacer una distinción entre riesgo e incertidumbre[3]. En el contexto de los procedimientos en sensibilidad al riesgo se habla de riesgo cuando existe un

[3] En economía la distinción entre riesgo e incertidumbre tiene que ver con el conocimiento de las probabilidades. De acuerdo con Fox y Tversky (1988) virtualmente todas las elecciones en el mundo real (excepto en el caso de los juegos de azar) se efectúan bajo condiciones de incertidumbre (con un desconocimiento de las probabilidades). En el contexto de los procedimientos en sensibilidad al riesgo se asume que el animal "conoce" las distribución de las probabilidades de las

conocimiento de las probabilidades "objetivas" de los resultados y de incertidumbre cuando el organismo opera sin ese conocimiento de las probabilidades. Esta distinción es importada de la economía y es usada en el trabajo de Real y Caraco (1986) sobre las estrategias de forrajeo en ambientes estocásticos.

En otra definición Lane, Cherek, Pietras y Tcheremissine (2004) afirman: "nosotros nos referimos a la toma de riesgo como una clase de conductas con los siguientes parámetros: a) elecciones hechas entre dos o más opciones cuando b) una de esas opciones tiene alguna probabilidad >0 de producir (en alguna ocasión dada) una consecuencia aversiva o reforzante, y c) la probabilidad de esa consecuencia aversiva es desconocida al momento de que la opción riesgosa es elegida" (Lane et al., 2004, p. 69).

Esta definición parte de estudios con humanos donde se emplean fármacos para observar sus efectos en la preferencia bajo condiciones experimentales que simulan la toma de decisiones. Eventualmente dichos estudios no tienen una aproximación teórica definida o parten de aproximaciones cognitivas donde se asume que el riesgo es el resultado de ciertos procesos cognitivos que intervienen en la toma de decisiones. Bajo esta consideración la preferencia por el riesgo se entiende como un componente de la toma de decisiones y eventualmente se hace referencia a éste como "toma de riesgo" (*risk-taking*).

A diferencia de los trabajos iniciales en sensibilidad al riesgo donde eventualmente se asume la maximización de la probabilidad de supervivencia como explicación del riesgo, estos estudios pretenden explicar el riesgo en términos de procesos alterados (impulsividad, sensibilidad al reforzador, memoria etc.).

Conforme a estas dos definiciones (Lane et al., 2004; Pietras & Hackenberg) el riesgo se entiende como la preferencia por opciones con resultado variable sobre opciones con resultado fijo. La primera definición hace referencia a situaciones de búsqueda de alimento donde no se emplean explícitamente consecuencias aversivas, mientras que la segunda sí considera consecuencias aversivas como parte del resultado.

Conforme a lo anterior, la sensibilidad al riesgo intenta estudiar la conducta de los organismos (particularmente la preferencia) cuando estos son expuestos a una situación de elección donde una opción tiene un resultado constante y la otra un resultado variable.

---

opciones debido a que previamente ha sido expuesto a los valores de cada una de ellas en los ensayos de elección forzada; esta suposición implica que se trata de sensibilidad al riesgo y no de sensibilidad a la incertidumbre.

La sensibilidad al riesgo y el modelo del presupuesto de energía

El concepto de sensibilidad al riesgo ha sido usado en la teoría del forrajeo óptimo para hacer referencia a la preferencia por alternativas que arrojan un resultado variable sobre otras cuyo resultado es constante, aunque ambas proporcionan a largo plazo una ganancia igual.

En términos generales la teoría del forrajeo de Stephens y Krebs (1986) pretende explicar lo que hacen los organismos para maximizar sus posibilidad de supervivencia en una situación de búsqueda de alimento.

Los modelos del forrajeo poseen tres tipos de suposiciones: de decisión, de curso y de limitación. Con ellas se pretende describir el modo en que animal conduce sus elecciones en una situación de búsqueda de alimento.

Las suposiciones de decisión hacen referencia a un tipo de elección que el animal emite ante ciertas situaciones, en este caso son dos los principales problemas que intenta explicar: a qué presas dirigirse y cuándo abandonar una fuente de alimentación o parche (Stephens & Krebs, 1986)

Las suposiciones de curso hacen referencia al modo particular en que los animales evalúan las diferentes alternativas. En términos generales se asume que los animales tenderán a minimizar el tiempo necesario para satisfacer sus requerimientos energéticos al encontrar una presa y a maximizar el pago obtenido al seleccionar cierta presa. La medida de maximización del pago puede variar dependiendo de la especie.

Las suposiciones de limitación son tres: 1) Exclusividad de la búsqueda y la explotación: el predador no puede explotar (manejar) elementos tales como una presa o un parche mientras está buscando uno nuevo; 2) encuentros secuenciales de Poisson: los elementos son encontrados uno a la vez, y la probabilidad de encontrar cada presa o parche en periodo corto de tiempo es constante; y 3) información completa: el forrajeador conoce, o se comporta como si conociera las reglas del modelo. Las reglas del modelo incluirán usualmente información sobre el ambiente (densidad de la presa) y limitaciones de la habilidad del forrajeador" (Stephens y Krebs, 1986, p.11).

En términos generales el modelo del presupuesto de energía surge para explicar la conducta de forrajeo en ambientes donde el alimento varía no sólo en su promedio sino también en su varianza. En el contexto de la teoría del forrajeo se les denomina ambientes estocásticos (Real & Caraco, 1986). Dado que en la formulación inicial de la teoría del forrajeo la maximización del promedio de reforzamiento es lo que determina la preferencia,

al incluir la varianza en las opciones de forrajeo, tuvo que crearse una regla que permitiera predecir la preferencia en opciones que varían en su promedio y/o en su varianza[4].

De modo, que la teoría del forrajeo no predice inicialmente preferencias cuando una de las opciones tiene más varianza que la otra, y tampoco predice preferencias cuando el animal es expuesto a opciones que no conocía (a las que antes no había sido expuesto) (creo que esto ya lo discutimos). Así, el modelo del presupuesto de energía aparece como una de las formas de explicar la preferencia por la variabilidad en contextos de experimentos con animales y humanos. El modelo puede entenderse como una extensión de los principios de la teoría del forrajeo de Stephens y Krebs (1986).

El modelo del presupuesto de energía básicamente predice preferencia por la opción variable (propensión al riesgo) cuando el presupuesto de energía[5] es negativo (peso corporal bajo) y preferencia por la opción fija (aversión al riesgo) cuando el presupuesto en positivo (peso corporal alto). El mecanismo que se asume subyace a este efecto es la minimización de las probabilidades de morir. En este sentido Stephens (1981) afirma: "la regla del presupuesto de energía esperado sigue directamente de la minimización de la probabilidad de inanición" (p. 628).

Conforme a lo anterior se asume además que el animal efectúa cierto número de decisiones de forrajeo durante determinados intervalos, además que el animal posee una reserva de recursos energéticos limitada, de modo que antes de que ésta se agote deberá decidir cómo forrajear para sobrevivir. Visto de este modo la preferencia por la variabilidad se espera cuando los recursos energéticos sean tales que el animal tenga una probabilidad de morir alta, entendiendo en este caso los recursos energéticos en términos de la cantidad de energía que se espera acumular durante 24 horas. Conforme a lo anterior, la preferencia por la variabilidad

[4] En la literatura sobre sensibilidad al riesgo se hace referencia a la regla del presupuesto de energía y al modelo del presupuesto de energía de forma indiferente. Para evitar cualquier confusión y considerando que resulta más congruente denominarlo modelo que regla (debido a que la evidencia contradictoria no permitiría denominarlo regla), en el contexto de este trabajo se le referirá siempre como el modelo del presupuesto de energía.

[5] Lo que se conoce como presupuesto de energía es habitualmente operacionalizado y manipulando con el porcentaje de peso corporal de los animales durante la situación experimental en relación a su peso esperado bajo condiciones de libre ingesta, o en su defecto con alguna otra condición que lo altere (por ejemplo, la temperatura). En el caso de los humanos, puede manipularse de diversas formas (por ejemplo, reduciendo la cantidad de ensayos de elección o estableciendo un alto requisito de ganancias (Pietras & Hackenberg, 2001).

permitirá (eventualmente) completar la cantidad de energía necesaria para sobrevivir hasta el siguiente periodo de forrajeo.

Así, el término presupuesto de energía hace referencia a la cantidad de recursos energéticos que el animal posee en una situación de búsqueda de alimento; usualmente estos recursos se determinan con el porcentaje de peso corporal bajo condiciones de libre ingesta, aunque como se mostrará más adelante, existen otras formas de manipular el presupuesto.

Siguiendo a Stephens (1981) "si las condiciones ambientales son tales que se espera que las reservas del forrajeador aumenten, el forrajeador deberá ser aversivo al riesgo. Si se espera que las reservas disminuyan, el forrajeador deberá ser propenso al riesgo" (p. 629). En estas circunstancias el modelo predice preferencia por la variabilidad con presupuesto negativo y preferencia por la opción fija con presupuesto positivo, pero no predice indiferencia dado que desde esta perspectiva esa situación es improbable y se presentaría solo cuando la probabilidad de morir sea independiente de la magnitud de la varianza. En consecuencia, puede decirse que el organismo de acuerdo con la teoría del forrajeo y el modelo del presupuesto de energía, tenderá a maximizar la obtención de alimento o en su defecto a minimizar su probabilidad de morir de inanición.

Esta aproximación predice además que la sensibilidad al riesgo se verá afectada por el número de decisiones a efectuar, de modo que un animal que tenga que emitir pocas elecciones será más propenso al riesgo que un animal que tenga que emitir un número mayor de "decisiones".

Las formas de manipular el presupuesto de energía son distintas, y dependen de la manipulación experimental y la especie utilizada. Algunas formas que se han empleado para inducir el presupuesto negativo han sido: aumentar el requisito de puntos a obtener dado un número de elecciones predeterminado -en humanos- (Pietras y Hackenberg, 2001), aumentar la cantidad de horas de privación alimenticia (Caraco, Martindale y Whittam, 1980) y aumentar el grado de privación (porcentaje de peso corporal) (Ito, Tsakatsuru y Saeki, 2000; Zabludoff, Wecker y Caraco, 1988).

Conforme a estos supuestos, los procedimientos para evaluar sensibilidad al riesgo implican, en términos más específicos, la presentación simultanea de dos opciones (ensayos de elección libre) que difieren en su grado de variabilidad. Típicamente antes se expone al sujeto a cada una de las opciones de manera aislada con la finalidad de garantizar que el sujeto (habitualmente un animal no humano) tiene "conocimiento" acerca de las

propiedades de cada una de las alterativas (ensayos de no-elección o elección forzada). Ambos tipos de ensayos corresponden al punto tres de las limitaciones, de modo que las predicciones del modelo del presupuesto de energía aplican para situaciones de elección con sólo dos opciones que sean conocidas, además esas opciones deben tener el mismo valor esperado de reforzamiento (en este caso es el resultado de multiplicar cantidad por probabilidad). No existe una delimitación explícita sobre las condiciones que los procedimientos en sensibilidad al riesgo deben cumplir para poder aplicar las predicciones del modelo del presupuesto de energía. No obstante, un esbozo del procedimiento típico puede encontrarse en el trabajo de Real y Caraco (1986): La prueba más directa para la sensibilidad al riesgo permite al forrajeador elegir entre dos recursos o estaciones de alimentación. Un recurso es mantenido constante. El otro recurso varía aleatoriamente sobre espacio o tiempo, pero su valor esperado iguala al de la opción constante. El organismo selecciona la cantidad de tiempo o esfuerzo destinado a cada recurso. La hipótesis nula es la indiferencia; cualquier desviación significativa del uso imparcial de los dos recursos demuestra sensibilidad al riesgo[6] (Real & Caraco, 1986, p. 381).

Es posible señalar por lo menos 3 objeciones respecto a las restricciones metodológicas de los procedimientos en sensibilidad al riesgo y las predicciones del modelo del presupuesto de energía.

1. En condiciones naturales es posible suponer que los animales pueden encontrarse ante más de dos opciones, ante opciones desconocidas, novedosas y ante opciones cuya variabilidad se desconoce en todo momento. Esta cuestión ya ha sido señalada indirectamente en términos de la primacía de la búsqueda de información en situaciones de búsqueda de alimento (Inglis et al., 2001)[7]

2. Otros procedimientos que evalúan sensibilidad al riesgo han encontrado cambios en la preferencia empleando otras variables diferentes a la manipulación del presupuesto de energía. Dichas variables

[6] Tal como se señaló en la nota al pie 2, las especificaciones de los procedimientos no siempre se respetan. Además de ello, cabe señalar que cualquier desviación significativa no implica necesariamente preferencia o sensibilidad al riesgo, ya que en procedimientos de sensibilidad al riesgo eventualmente tiene que considerar el sesgo hacia alguna de las opciones y las preferencias también se establecen eventualmente con valores encima del 60 o 70%. Por otro lado, dichos procedimientos tampoco utilizan un criterio de estabilidad para estimar la preferencia, más bien se toman todas las elecciones o una proporción de ellas. Por lo tanto, la afirmación de Real y Caraco (1986) es relativamente imprecisa al respecto.

[7] En términos generales este modelo establece que aún bajo condiciones de privación, la búsqueda de información en ambientes estocásticos es relevante para el forrajeador debido a que puede incrementar la probabilidad de supervivencia al reducir la incertidumbre y permitir la anticipación a los cambios en la disponibilidad del alimento en el futuro.

sugieren la existencia de otros procesos implicados en la preferencia por la variabilidad (considérese como un ejemplo el trabajo de Kaminski & Ator, 2001).

3. Dado que los efectos de la privación alimenticia en la conducta son variados y en ocasiones inconsistentes con la idea de la maximización, es posible que otros mecanismos diferentes a los postulados por el modelo del presupuesto de energía estén provocando la preferencia por la variabilidad (esta idea será desarrollada más detalladamente en el apartado de los efectos del hambre en la conducta).

Dado que el modelo del presupuesto de energía fue formulado en 1981 (Stephens, 1981), sería razonable esperar que dadas las inconsistencias empíricas encontradas posteriormente, hubiera sufrido modificaciones o hubiera sido sustituido por otro modelo, siendo ese el caso se requeriría una revisión de las formulaciones actuales. No obstante, como se mostrará en el apartado de los efectos del hambre, las discusiones actuales (incluyendo trabajos actuales de Stephens) en teoría del forrajeo parecen no estar enfocadas en el tema de la sensibilidad al riesgo. De modo que las objeciones son vigentes para el estado actual de modelo del presupuesto de energía.

Siendo que el modelo en cuestión presenta varias limitaciones en cuanto a su formulación teórica y la evidencia empírica que lo sustenta, los siguientes apartados describirán evidencia teórica y empírica de que la sensibilidad al riesgo puede ser explicada en términos diferentes a los propuestos por el modelo del presupuesto de energía. En términos generales se mostrará que el efecto de preferencia por la variabilidad se puede replicar empleando otras variables diferentes al grado de privación alimenticia, que la preferencia por la variabilidad se da también aún bajo condiciones en las que el organismo no maximiza sus ganancias, que la introducción de más de dos opciones y opciones novedosas afecta la preferencia por opciones variables y que bajo ciertas condiciones otras variables (por ejemplo, diferencias individuales genéticamente determinadas) se imponen sobre los efectos del grado de privación alimenticia. Antes de pasar a la argumentación mediante cada uno de los apartados es necesario hacer una revisión de los hallazgos encontrados con los procedimientos de sensibilidad al riesgo como fueron inicialmente planteados.

Procedimientos en sensibilidad al riesgo y hallazgos

Después del experimento de Caraco et al. (1980) los procedimientos en sensibilidad al riesgo se extendieron a otras especies incluyendo ratas (Ito, Sakatsuru & Saeki, 2000), abejas (Pérez & Waddington, 1996)

y humanos (Pietras & Hackenberg, 2001). Diversas inconsistencias con el modelo del presupuesto de energía han sido encontradas. Estas inconsistencias dependieron de la especie utilizada, del tipo de reforzador utilizado (agua o alimento) y de la forma de administrar la variabilidad (demora o cantidad). Es necesario señalar que también se han reportado inconsistencias entre sujetos de la misma especie e incluso entre sujetos del mismo grupo.

Los cuestionamientos del modelo del presupuesto de energía pueden observarse desde la revisión de Kacelnik y Bateson (1996), donde se señala que las diferencias entre especies pueden deberse a sus capacidades de almacenar recursos energéticos, de modo que en organismos como aves el efecto de preferencia por la variabilidad en la cantidad puede observarse con niveles de privación moderados, mientras que en ratas se requieren niveles de privación mayores; particularmente, en el caso de los mamíferos el efecto de preferencia por la variabilidad se obtiene mayoritariamente cuando la variabilidad se introduce en la demora con la que se administra el alimento una vez emitida la respuesta, mientras que cuando la variabilidad se administra en la cantidad los efectos son variables o nulos.

Para los fines de este trabajo se describirán de forma relativamente detallada sólo algunos experimentos ilustrativos con ratas.

Kagel et al. (1986) estudiaron la sensibilidad al riesgo en ratas empleando agua como reforzador. Emplearon 5 ratas y manipularon su presupuesto de energía al variar la cantidad de ensayos forzados y libres durante la situación experimental, utilizando una situación de economía cerrada. En primer lugar se presentaron los ensayos forzados y posteriormente lo de elección libre. En función de la cantidad de agua entregada durante los ensayos forzados se establecieron 4 condiciones de disminución en la cantidad de agua: 8.2, 5, 3.4, 3.4 ml. (condiciones A, B, C y D respectivamente). Durante los ensayos de elección libre la opción constante consistía en 8 presentaciones sucesivas de la copa con .025 ml. de agua con una probabilidad de 1 y la opción variable consistió en una presentación de la copa con .025 ml. con una probabilidad de .75, y 29 presentaciones de la copa con una probabilidad de .25. El promedio de ambas opciones fue de .8 ml. cada 4 ensayos. Las sesiones terminaban cuando se completaban los ensayos libres predeterminados, para estimar la preferencia se tomó la ejecución promedio durante los últimos cinco días de cada condición.

En este caso sus resultados fueron variables entre sujetos y se dieron principalmente en las condiciones C y D donde 2 de las ratas mostraron aversión al riesgo y otras 2 mostraron indiferencia o ligera preferencia por la opción constante (no menciona la preferencia de la quinta rata en esas condiciones). Considerando las condiciones

en conjunto, 2 ratas se volvieron menos aversivas al riesgo con la disminución de ensayos forzados, mientras que las otras 3 no mostraron una preferencia definida. Esto implica que al disminuir la disponibilidad de agua durante los ensayos forzados hubo un ligero efecto de disminución en la aversión al riesgo.

En otro procedimiento, Ito et al. (2000), en una serie de dos experimentos, emplearon un programa concurrente encadenado para evaluar la sensibilidad al riesgo en condiciones de búsqueda de alimento. Para el primer experimento emplearon 3 ratas macho expuestas a elecciones secuenciadas. Para cada elección la rata debía presionar primero la palanca central, entonces las dos opciones se presentaban; al elegir una de ellas se apagaba la luz de la caja (de acuerdo con un IV 30 segundos para ambas opciones) (componente inicial) y se retraía la otra palanca; tras presionar de nuevo la palanca elegida se entregaba el reforzador en base a un IF 5 segundos (componente final). La opción constante entregaba 3 pellets con una probabilidad de 1 y la variable de 0 a 10 pellets con una distribución binominal negativa que tenía un promedio de 3 pellets y una varianza de 3.11. Con esta configuración las ratas fueron expuestas bajo presupuesto negativo (80%) y después bajo presupuesto positivo. Para pasar de un presupuesto a otro se disminuyeron los valores del IF: se usaron IFs cortos (por ejemplo IF 20 segundos) para el presupuesto positivo e IFs largos (por ejemplo 70 segundos) para el presupuesto negativo[8].

Los resultados de este primer experimento mostraron que bajo presupuesto positivo las ratas prefirieron la opción constante y bajo presupuesto negativo fueron indiferentes a las opciones. Para la estimación de la preferencia se consideró la ejecución promedio de 4 sesiones para cada presupuesto de energía.

En el segundo experimento emplearon las mismas condiciones que en el primero pero manipulando la cantidad de reforzador y los valores del IF. En la primera condición la opción constante entregaba 3 pellets con una probabilidad de 1 y la opción variable un promedio de 2 con un rango de 0 a 7 y una probabilidad de .33 (C = 3 y V = 2). En la segunda condición la opción constante entregaba 2 con una probabilidad de 1 y la opción variable un promedio de 3 con un rango de 0 a 10 y una probabilidad de .25 (C = 2 y V = 3). Bajo presupuesto positivo se usó un IF 5s y para el presupuesto negativo un IF 40s.

[8] Nótese que en este caso se está variando tanto la demora como la cantidad, debido a que el experimento pretende dividir el episodio de forrajeo. Así, la primera respuesta del animal inicia la fase de forrajeo y la segunda la de elección. Si el animal no responde dentro de un minuto se administra una fase de “descanso”, de modo que ambas palancas se retraen y se vuelve a presentar la palanca central.

Los resultados mostraron que bajo la condición C = 3 y V = 2, las ratas fueron indiferentes a las opciones bajo ambos presupuestos de energía. En la condición C = 2 y V = 3 las ratas prefirieron la opción variable por encima de .5 bajo presupuesto negativo y por debajo de .5 bajo presupuesto positivo, no obstante, debido a la variabilidad reportada en la preferencia, el efecto no parece tan consistente, si bien en el artículo no se reportan análisis estadísticos al respecto.

Zabludoff et al. (1988) emplearon un procedimiento de sensibilidad al riesgo variando la demora. Cuatro ratas hembra fueron expuestas a 5 días de 70 ensayos forzados, posteriormente durante la fase de elección se entremezclaron ensayos forzados y libres. La opción constante estuvo señalada por un cuadrado iluminado y la variable por un triángulo iluminado; ambas opciones estuvieron aleatorizadas de forma equiprobable en ambos lados de la caja. En ambas alternativas se empleó un programa RF3 como criterio de respuesta para la obtención de la consecuencia programada. Durante la fase de elección se administraron 25 ensayos forzados y 50 libres con intervalos de 5 segundos después de la entrega del alimento. Para manipular la variabilidad y constancia de las opciones cada sujeto experimentó el mismo orden ascendente y descendente de valores, esto es valores de demora (t) de 5, 10, 25, 50, 25, 10 y 5 segundos (cada valor corresponde consecutivamente a las series[9] 1 a 7). Con cada demora constante se apareó otra demora variable cuyos valores fueron 1 o 2t – 1 segundos equiprobables (i.e., constante = 5 vs variable = 1 o 10-1). El presupuesto de energía se manipuló permitiendo o no a las ratas comer fuera de la situación experimental (el experimento sólo señala que para subirlas de peso se les dieron 20 a 30 gramos de comida dentro de la caja de confinamiento, no especifica si fue antes o después). De la sesión 1 a 4 las ratas estuvieron al 75% y de la 4 a la 7 al 85%. Para determinar la preferencia se usó un análisis de covarianza para establecer si las sesiones tienen diferencias de la 1 a 4 y de la 4 a la 7.

Los resultados mostraron que conforme aumentaban los valores de las demoras en las primeras series, los sujetos incrementaron la preferencia por la demora constante (series 1 y 2), después mostraron una preferencia poco definida (serie 3) y finalmente una preferencia por la opción variable (serie 4; t = 50 s). La preferencia por la opción variable se mantuvo (serie 5), le siguió indiferencia y finalmente preferencia de nuevo

[9] El trabajo original hace referencia a “series”. Cada serie equivale a una sesión donde se utiliza un valor de demora determinado.

por la alternativa variable (serie 6 y 7). En este caso el patrón de preferencia por la variabilidad no correlacionó con el nivel de privación, contradiciendo por lo tanto las predicciones del presupuesto de energía.

Estos tres experimentos muestran efectos relativamente diferentes a las predicciones del presupuesto de energía y plantean varias cuestiones en cuanto a los mecanismos responsables de la preferencia por la variabilidad:

1. El experimento de Kagel et al. (1986) sugiere que las ratas son aversivas al riesgo al emplear agua como reforzador y variabilidad en la cantidad. Asimismo, sugiere que existen diferencias individuales en la propensión al riesgo (algunas ratas se volvieron menos aversivas al riesgo al disminuir la cantidad de ensayos forzados).

2. El experimento de Ito et al. (2000) muestra que las ratas son indiferentes al riesgo bajo ambos presupuestos de energía al manipular la variabilidad en cantidad en el experimento 1, en tanto que en el experimento 2 las ratas prefirieron la opción variable bajo presupuesto negativo cuando ésta tuvo un valor promedio ligeramente por encima de la opción variable. No obstante, en la condición en la que el promedio de la opción que se estableció estuvo ligeramente por encima del de la opción variable, las ratas mostraron indiferencia. En este sentido, cabría cuestionarse si la rata está siendo sensible al riesgo o maximizando la utilidad esperada. Al respecto cabría señalar que el uso de opciones con diferente promedio de reforzamiento dificulta la determinación de la variable que afectó la preferencia en los procedimientos de sensibilidad al riesgo. Por otro lado, en esta clase de manipulación al incluir IV e IF se está combinando tanto variabilidad en demora como variabilidad en cantidad (con la distribución binominal negativa señalada), lo cual también dificulta entender qué es lo que está afectando la preferencia. Además el hecho de que la desviación estándar solapara las preferencias indica que la preferencia resultó relativamente inestable y que se requiere algún criterio de estimación de la preferencia ya que los otros dos estudios no estimaron la preferencia del mismo modo.

3. El experimento de Zabludoff et al. (1988) cuestiona el modelo del presupuesto de energía al encontrar que la preferencia por la opción variable no dependió del peso ganado o perdido durante la sesión sino del valor de la demora empleado. Esto sugiere, tal como se afirma en el trabajo, que el descuento de la demora puede dar cuenta de los resultados más que el presupuesto de energía, lo

cual remite a la impulsividad como otra variable que determina la preferencia por la variabilidad. Ello asumiendo que de acuerdo con el trabajo, en procedimientos de auto-control tienden a preferirse demoras variables sobre demoras fijas y el aumento en el valor de las demoras, incrementan la preferencia por las demoras variables[10].

El modelo del presupuesto de energía se ha extendido a experimentos con humanos, pero la forma de manipular el presupuesto energético es diferente. Pietras y Hackenberg (2001) expusieron a tres sujetos humanos a un procedimiento de elección. Cada sesión consistió en 12 bloques (los primeros 6 fueron de elección forzada y los otros 6 de elección libre) de 5 ensayos en los cuales la opción constante proporcionaba 2 puntos con una probabilidad de 1 y la opción variable 1 o 3 con una probabilidad de .5; cada ensayo fue separado con un intervalo de 30 segundos. Los puntos se intercambiaron por dinero al final del experimento. Para manipular el presupuesto de energía se establecieron dos requisitos de puntos a ser obtenidos por los sujetos, de tal modo que el primer requisito de puntos (10 = presupuesto positivo) se podía alcanzar eligiendo sólo la opción constante y el segundo requisito de puntos (12 o 13 = presupuesto negativo) no se podía alcanzar eligiendo sólo la opción constante.

Los resultados mostraron que 2 de los sujetos se comportaron de acuerdo a las predicciones del modelo del presupuesto de energía eligiendo la opción constante bajo presupuesto positivo y la variable bajo presupuesto negativo. El tercer sujeto mostró una tendencia similar pero el efecto fue menor que para los otros sujetos. En general el cambio de preferencia de constante a variable se dio cuando la cantidad de puntos acumulados con la opción constante no era suficiente para satisfacer el requerimiento, esto sucedía aproximadamente a la mitad de los ensayos libres.

Es necesario señalar que, al contrario que en los experimentos anteriores realizados con animales no humanos, aquí el presupuesto de energía ya no tiene que ver exactamente con los recursos energéticos de los sujetos sino con la probabilidad de cumplir el requisito de puntos con la opción constante y la opción variable.

Debido al problema de manipular estados de privación en seres humanos, se han empleado otras adaptaciones del presupuesto de energía como retroalimentación de ganancias y pérdidas durante la situación de

[10] Cabe señalar que lo relativo a la preferencia por demoras variables ya ha sido abordado antes, aunque desde otra perspectiva. Por ejemplo, Herrnstein (1964) sugiere que los pichones tienden a preferir programas de intervalo variable sobre programas de intervalo variable. No obstante, en dicho trabajo sólo se utiliza un nivel de privación (80%) y no se aborda la cuestión del cambio en la preferencia dependiente del grado de privación.

elección (Island, Szalda-Petree & Kucera, 2007) o síndrome de abstinencia vs sobriedad en adictos a la heroína (Bickel, Giordano y Badger, 2004). En otros casos solo se analiza la preferencia por la variabilidad sin manipular el presupuesto de energía (Locey, Hackenberg & Pietras, 2009).

En conjunto estos hallazgos indican que aunque los procedimientos en sensibilidad al riesgo intentan simular situaciones de forrajeo y estos se basan en las restricciones de la teoría del forrajeo, no hay un procedimiento completamente consensuado y sin variaciones, y aunque esto puede ser atribuido a diferencias entre especies, el modelo del presupuesto de energía no explica por completo a que se deben estas diferencias. Por otro lado, no hay un criterio definido para estimar o inducir la preferencia, de modo que los estudios utilizan diferente número de sesiones y toman un diferente número de sesiones finales para determinar la preferencia, así mismo, algunos reportan la preferencia durante todas las sesiones y otras sólo durante las sesiones finales.

Otros hallazgos sugieren directa o indirectamente que en los procedimientos de sensibilidad al riesgo pueden estar operando otras variables más que la minimización de la probabilidad de morir de inanición, variables incluso incompatibles con las restricciones de la teoría del forrajeo. La evidencia empírica que sustenta el efecto de estas variables proviene principalmente de tres tipos de trabajos que se presentarán a fines de exposición en el siguiente orden: 1) efectos de los fármacos en la conducta y el riesgo, 2) efectos de la manipulación de estados y 3) diferencias individuales en animales y humanos (impulsividad, ansiedad y búsqueda de novedad).

Efectos de los fármacos en la conducta y la propensión al riesgo

Otra de las aproximaciones empleadas en el estudio del riesgo se ha dado mediando la utilización de fármacos. En el contexto de los trabajos en sensibilidad al riesgo por lo menos se encuentra el trabajo de Kaminski y Ator (2001). Usaron ratas para evaluar el efecto de tres diferentes fármacos en la sensibilidad al riesgo. 6 ratas fueron expuestas a un procedimiento de elección donde se manipularon simultáneamente los intervalos entre ensayos (ITIs) y el requisito de razón, administrándose fármacos de acuerdo al procedimiento que se describe a continuación. La opción constante constó en tres pellets con una probabilidad de 1 y la opción variable en 15 (con una probabilidad de .33) o 0 pellets (con una probabilidad de .67). Las ratas pasaron primero por un bloque de 12 ensayos forzados y después por un bloque de 93 ensayos libres bajo las siguientes manipulaciones. Primero se estableció una línea base de 20 sesiones con ITIs de 20 segundos sin la administración de fármacos (93 ensayos

libres y 12 forzados). A continuación, se evaluó el efecto del etanol, la d-anfetamina y el PCP[11]. Para evaluar el efecto del requerimiento de trabajo, se elevó el requisito de razón con los siguientes valores: 1, 2, 8 y 16. Después de manipular el requisito de razón se manipularon los ITIs con un rango de 20 a 120 segundos. Para el efecto de los fármacos se fijó un requisito de razón de 1 y dos valores de ITIs. Con ITIs de 20 segundos se estudiaron los efectos de etanol, anfetamina y PCP y con ITIs de 80 segundos se evaluaron los efectos de anfetamina, PCP y etanol. Así, el orden de administración del procedimiento en general fue el siguiente: primero se evaluaron los efectos de los fármacos con ITIs de 20 segundos. La segunda manipulación fue el incremento en el requisito de razón (con ITIs de 20 segundos). La tercera manipulación fue el incremento de los ITIs en un rango de 20 a 120 segundos[12]. Finalmente se observó el efecto de los fármacos con ITIs de 80 segundos.

Los hallazgos relevantes para el presente trabajo tienen que ver con el efecto de los fármacos. En este caso, el etanol disminuyó la proporción de opciones arriesgadas por debajo de la línea base el PCP disminuyó la proporción de opciones arriesgadas por debajo de la línea base y la d-anfetamina aumentó la proporción de elecciones arriesgadas por encima de la línea base. En consecuencia, los autores concluyeron que el efecto de preferencia por la variabilidad puede inducirse con la administración de d-anfetamina.

Se observa por lo tanto, que el efecto de preferencia por la variabilidad en un procedimiento de sensibilidad al riesgo puede obtenerse con la administración de fármacos, sin necesidad de manipular los requerimientos energéticos del organismo, aunque dado que no se especifica el grado de privación empleado en este trabajo, queda la cuestión sobre si los efectos de la privación alimenticia interactúan con los efectos de los fármacos sobre la preferencia por la variabilidad.

Los efectos de los fármacos en la conducta han conducido a la identificación hipotética de procesos conductuales tales como la sensibilidad al reforzador, la sensibilidad a las pérdidas/ganancias y la estimación

[11] El orden de administración de los fármacos dependió de los ITIs usados y sólo se efectuó con razones iguales a 1. Con intervalos de 20 segundos el orden fue: etanol, anfetamina y PCP. Con ITIs de 80 segundos el orden fue anfetamina, PCP y etanol.

[12] Los valores exactos de los ITIs usados y el criterio de estabilidad para aumentar los valores de los ITIs no son especificados en el trabajo. Únicamente se menciona que el cambio de un valor a otro se efectuó cuando no hubiera decrementos o incrementos en la preferencia por la opción arriesgada.

temporal, entre otros. Estos procesos se infieren observando el modo en que se dan los cambios en la preferencia ante la administración de fármacos que afectan principalmente el sistema nervioso central. .

Tal como se mostrará en este apartado, estos trabajos no tienen una aproximación teórica definida y no comparten las restricciones metodológicas usadas en los procedimientos de sensibilidad al riesgo[13]. No obstante, resultan relevantes no sólo por identificar otros procesos que afectan la preferencia por la variabilidad sino por mostrar que ciertos estados inducidos en el organismo mediante el uso de fármacos puede tener efectos similares a los de la privación alimenticia. Primero se describirán varios trabajos sobre el efecto de los fármacos y al final se describirán las consideraciones surgidas de ellos.

Lane et al. (2004) emplearon 16 sujetos humanos para determinar los efectos del alcohol en una tarea de elección con riesgo. Los sujetos fueron expuestos a una tarea de elección donde la opción fija proporcionaba .01 dólares con una probabilidad de 1 y una variable que proporcionaba pérdidas o ganancias de .25, .5, .75 o 1 equiprobables. Se estableció una línea base que posteriormente se comparó con los efectos del alcohol administrado en 3 diferentes dosis (.2 g/kg., .4 g/kg. y .8 g./kg.) y en placebo (agua tónica con sabor a vodka). Además de la preferencia los autores cuantificaron la tasa global de respuesta, las ganancias obtenidas, los patrones de elección por sesión y la probabilidad de elección ensayo a ensayo.

Los resultados mostraron un efecto dependiente de la dosis, de modo que a mayor dosis mayor preferencia por la opción variable. La principal diferencia se encontró con la mayor dosis, de modo que los sujetos con la dosis de .8 g./kg fueron estadísticamente más propensos al riesgo en comparación con los sujetos de las dosis .2 g./kg, .4 g./ kg. y placebo. Simultáneamente, a mayores dosis los sujetos obtuvieron un menor promedio de ganancias, aunque en los promedios no se observaron diferencias estadísticamente significativas en función de la dosis administrada. Adicionalmente el análisis ensayo a ensayo mostró que la probabilidad de elegir la opción arriesgada a pesar de las pérdidas aumentó conforme aumentaba la dosis, siendo el efecto más notorio con la dosis más alta. Los resultados de este trabajo plantean como posible causa del cambio en la preferencia a la alteración en la sensibilidad a las consecuencias (sobreestimación de las ganancias pasadas y subestimación de las pérdidas presentes) de las opciones, debido a que los sujetos seguían respondiendo en la opción arriesgada a

[13] Esto implica que los procedimientos que se mencionarán utilizan eventualmente opciones que difieren en el promedio de reforzamiento y/o utilizan arreglos con más de dos opciones.

pesar de las pérdidas. Cabe señalar que en este caso no se parte de una definición conductual de las consecuencias castigantes y reforzantes, en el sentido de que los autores no abordan el problema de definir si las pérdidas son consecuencias castigantes o son un caso de reforzamiento negativo, o incluso si son una forma de extinción). Resultados similares sobre los efectos del alcohol en la preferencia por la variabilidad pueden encontrarse en el trabajo de George, Rogers y Duka (2005).

En otro estudio sobre los efectos de los fármacos Lane, Cherek y Nouvion (2008) evaluaron el efecto del flunitrazepam en la propensión al riesgo de 12 sujetos humanos. Los sujetos fueron expuestos al mismo procedimiento de elección que el empleado en el trabajo de Lane et al. (2004) bajo una condición placebo y tres diferentes dosis: .5, 1 y 2 mg./70 kg.

Los resultados mostraron un aumento estadísticamente significativo de la preferencia por la opción variable con las dos dosis más altas. En este caso los autores propusieron tres posibles causas del efecto del fármaco sobre la preferencia: una reversión de la tendencia "natural" en humanos a evitar el riesgo, alteración en la memoria de las ganancias y pérdidas pasadas, y finalmente alteración en la sensibilidad a las consecuencias castigantes y reforzantes[14].

Otros trabajos han mostrado que los efectos de los fármacos pueden interactuar con diferencias individuales y con el género. White, de Hit y Lejuez (2007) estudiaron el efecto de la d-anfetamina en la propensión al riesgo, en hombre y mujeres con diferentes características de personalidad. Se emplearon 40 sujetos (21 hombres y 19 mujeres). Los sujetos completaron un inventario de personalidad que permitía medir procesos como

[14] A partir de estos y otros hallazgos se han propuesto modelos que incorporan parámetros para dar cuenta de los procesos que afectan las decisiones durante la administración de fármacos, aunque para los fines de este trabajo no será necesario describirlos a detalle. Un ejemplo de esto se encuentra en el trabajo de Lane, Yechiam y Busemeyer (2006). El modelo plantea 3 parámetros que pueden afectar directa o indirectamente la preferencia por una opción determinada: respuestas a los reforzadores y a las pérdidas (valencia o motivación), tasa actualizada de expectativas sobre el valor de las alternativas arriesgadas (memoria/aprendizaje) y la consistencia con la que las elecciones ensayo a ensayo igualan los resultados esperados (sensibilidad). Este modelo se ha contrastado con datos empíricos demostrando efectos diferenciales en cada uno de los parámetros al emplear fármacos como: alcohol, marihuana y alprazolam.

sensibilidad al reforzador[15] auto-control y afecto negativo. Después de completar el inventario los sujetos pasaron por tres condiciones en las que les administraron placebo, 10 y 20 mg. de d-anfetamina. En cada condición los sujetos efectuaron una tarea por computadora diseñada para el estudio de la toma de decisiones en condiciones de riesgo denominada BART (Balloon analogue risk task). En esta tarea los sujetos deben inflar un balón virtual presionando el mouse de una computadora; se presentan tres globos con propiedades diferentes. Con cada respuesta los sujetos acumulan una cantidad que depende de las propiedades de cada globo: .5 centavos por respuesta (valor bajo), 1 centavo por click (valor medio) y 5 centavos por click (valor alto). Cada globo está programado para explotar entre 1 y 128 respuestas con un valor promedio de 62 respuestas. El sujeto puede almacenar o guardar los puntos ganados en cualquier momento, pero si el balón explota el sujeto pierde los puntos acumulados. En estas condiciones los autores caracterizan la conducta arriesgada como seguir emitiendo respuestas por encima del valor promedio. En este estudio los sujetos fueron expuestos a 20 globos de cada tipo.

En términos generales, los resultados mostraron que existió una correlación entre la conducta arriesgada, la puntuación obtenida en el inventario que medía sensibilidad al reforzador y el género. Particularmente, en el caso de los hombres con puntajes bajos (debajo del promedio) en sensibilidad al reforzador la anfetamina en dosis de 20 mg. causó un menor decremento en la cantidad de elecciones arriesgadas comparando con la condición placebo (se considera en este caso que el efecto esperado de la d-anfetamina es la aversión al riesgo), el efecto de 10 mg fue similar pero más moderado. Los hombres con puntajes arriba del promedio en sensibilidad al reforzador aumentaron sus elecciones riesgosas con la dosis de 20 mg comparándolos con la condición placebo. En el caso de las mujeres las elecciones arriesgadas no dependieron de los efectos de la de d-anfetamina. En relación a las propiedades de los globos utilizados se observó en términos generales que los sujetos emiten relativamente más elecciones arriesgadas con globos de valor bajo que con balones de valor alto.

A partir de las correlaciones observadas, los autores concluyeron que los efectos de la anfetamina en la propensión al riesgo son atribuidos principalmente a alteraciones en la sensibilidad al reforzador. A nuestro entender, el estudio anterior muestra cómo diferencias individuales identificadas mediantes el uso de inventarios de personalidad pueden afectar la propensión al riesgo, así como que estas diferencias interactúan, al menos bajo las condiciones utilizadas en este estudio, con los efectos de los fármacos.

[15] En este caso sensibilidad al reforzador se refiere a la cantidad de respuesta hacia experiencias recompensantes.

Los fármacos pueden ejercer efectos en otros procesos conductuales que intervienen en las elecciones (por ejemplo; impulsividad y sensibilidad al reforzador) afectando "indirectamente" la preferencia por la variabilidad. Por ejemplo, Lane y Cherek (2002) evaluaron los efectos de la marihuana en la sensibilidad al reforzador de sujetos humanos. Se emplearon 8 sujetos humanos expuestos a una condición placebo y 3 diferentes dosis de la sustancia activa de la marihuana: la mitad de 1.77% Δ9 (mitad placebo y mitad sustancia activa), 1.77% (las dos mitades con sustancia activa) Δ9 y 3.58 Δ9[16]. Se estableció un diseño intrasujeto, de modo que todos pasaron por las siguientes condiciones: placebo-activo-activo-activo-placebo. El contenido de las dosis fue contrabalanceado de modo que cada uno de los 6 posibles órdenes fue completado por cada uno de los 6 primeros sujetos, en los otros dos se empleó un contrabalanceo de modo que ninguna dosis ocurriera en la misma posición. La tarea fue administrada empleando un monitor y tres teclas (A, B y C). Durante la primera sesión se utilizó un programa múltiple de intervalo al azar (para obtener tasas estables de respuesta) con valores entre 1 y 10 y un promedio de 5; de este modo se garantizó que todos los intervalos fueran equiprobables. Las respuestas dentro de los intervalos correspondientes generan .03 dólares en el contador de puntos. Después de administrar las diferentes dosis, cada uno de los grupos fue expuesto a un programa concurrente de intervalo al azar, donde los valores de ambos componentes (botones A y C) fueron inicialmente los mismos (primeros 10 minutos de la sesión). Para cambiar de un componente a otro se estableció un requisito de 5 respuestas (botón B). Posteriormente el valor de los intervalos de los componentes fue disminuyendo de modo que el componente más preferido por el sujeto disminuía su valor en el siguiente orden: 1) minutos 11 a 20, intervalos promedio de 15 segundos (rango 3-30), 2) minutos 21 a 30, intervalos promedio de 20 segundos (rango 4-40), 3) 31 a 40 minutos, intervalos promedio de 25 segundos (rango 5-50) y 4) 41 a 50 minutos, intervalos promedio de 30 segundos (rango 6-60 segundos).

Se observó que el número de reforzadores obtenidos disminuyó en función de la dosis. Adicionalmente se encontró que el número total de respuestas disminuyó también en función de la dosis (aunque se descartó un efecto de sedación debido a que la disminución en los promedios de respuesta no sobrepaso el mínimo requerido para maximizar la obtención de reforzadores[17]), así como un aumento en la proporción de respuestas emitidas en

[16] Δ9 es la forma abreviada en que se hace referencia a la sustancia activa de la marihuana en este artículo. También referida en otras ocasiones como delta-9-tetrahidrocarbocannabinol (Δ^9-THC).

[17] Si los promedios de respuesta aunque bajos permitieron la maximización de los reforzadores obtenidos, entonces cabría cuestionarse cómo es que a mayores dosis hubo menores ganancias. No obstante, los autores no son claros en esa parte.

la opción cuyo valor disminuía progresivamente (esto con las dos dosis más altas) de acuerdo al procedimiento descrito. Los autores concluyeron que la marihuana afecta la sensibilidad al reforzador (entendida como la respuesta ante los cambios en la frecuencia del reforzador), siendo una de las posibles causas de este efecto la alteración en la discriminación temporal causada por la marihuana.

Dougherty, Marsh-Richard, Hatzis, Nouvion, y Mathias (2008) estudiaron los efectos del alcohol en tres diferentes medidas de impulsividad; iniciación de respuesta, inhibición de respuesta y descuento de demora. Con esta finalidad aplicaron las tareas que serán descritas a continuación a una muestra de 90 sujetos (30 para cada tarea), que fueron expuestos a una condición placebo y 4 dosis de alcohol (.2, .4, .6 y .8 g./kg.). Los sujetos fueron sometidos a tres diferentes tareas, una para cada una de las tres medidas de impulsividad consideradas. En la primera (iniciación de respuesta) se les presentaba a los sujetos en una pantalla series aleatorias de 5 dígitos con una duración de medio segundo y los sujetos debían identificar cuándo el número presentado era exactamente igual al anterior. La segunda tarea (inhibición de respuesta) es igual a la anterior pero en este caso durante la mitad de los ensayos el segundo dígito cambió de negro a rojo a intervalos de 50 a 350 milisegundos, de modo que el sujeto debía responder cuando la serie fuera igual a la anterior y, además, ningún dígito cambiara de color. En la tercera tarea (descuento de demora) los sujetos eran expuestos a sesiones de 20 minutos donde se les indicaba que podían responder las veces que quisieran para obtener puntos (presionar el ratón de la computadora), programando que los puntos ganados aumentaran exponencialmente con la demora entre respuestas. En primer lugar se expuso a los sujetos a las tareas bajo la condición placebo y después se les administraron las diferentes dosis (las dosis fueron contrabalanceadas generando 13 diferentes órdenes).

Los resultados de este trabajo mostraron que para la primera tarea las dosis más altas (.6 y .8 g/kg.) incrementaron la conducta impulsiva (detecciones incorrectas de números) en comparación con la línea base. En el caso de la segunda tarea, la conducta impulsiva (errores de detección de dígitos) aumentó independientemente de la dosis. Finalmente en la tercera tarea se encontró un decremento en la emisión de demoras largas entre respuestas, pero dicho decremento no fue dependiente de la dosis.

En otro trabajo, Roehrs, Greenwald y Roth (2004) analizaron el efecto del etanol, el sueño basal y la cafeína en las elecciones arriesgadas en humanos. Una muestra de 13 sujetos fue expuesta a 2 condiciones placebo y dos experimentales bajo dos diferentes condiciones de sueño basal. El orden de las condiciones placebo y experimentales fue el siguiente: placebo de etanol + placebo de cafeína, etanol 5 g./kg. + cafeína placebo (EC00),

etanol 5 kg. + cafeína 150 mg. (EC150) y etanol 5 g. + 300 mg. (EC300). La cafeína se administró con pastillas y el etanol con vodka diluido en agua tónica. Para las condiciones de sueño basal (alerta y somnoliento) se tomó el promedio de latencia de inicio de sueño, considerándose somnolientos a aquellos cuya latencia de inicio de sueño fuera menor a 10 minutos y alertas a aquellos sujetos cuya latencia fuera mayor a 10 minutos. Para la tarea de elección se usó un procedimiento que simula un semáforo en el que los participantes deben responder o dejar de responder para obtener puntos. Durante 48 ensayos el color verde indica que los sujetos deben completar una razón fijan de 100, el color amarillo indica que los sujetos pueden seguir completando la razón (continuar) o abandonar (y quedarse con los puntos acumulados), si la razón no es completada antes de que aparezca el rojo, los puntos se pierden. El inicio de la luz amarilla ocurre cuando faltan 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20 o 15 respuestas para completar la razón. El momento de inicio de la luz amarilla varía aleatoriamente entre ensayos y su duración también (1, 3, 5, 7 y 9 segundos con un promedio de 5 segundos). En bloques independientes de ensayos la probabilidad de perder puntos (.122, .375 y 1) en caso de no completar la razón, fue señalizada. Cada razón completada tenía como consecuencia la ganancia de 25 centavos y no completarla implica perderlos.

Los resultados mostraron que en la condición placebo los sujetos somnolientos emitieron menos elecciones arriesgadas que los sujetos alertas pero sin diferencias estadísticamente significativas. En general, los autores encontraron que cuando faltaban demasiadas respuestas por completar se elegía menos el continuar, lo mismo con probabilidades altas de perder. Al comparar a los sujetos alertas con los somnolientos, se encontró que los alertas emiten más respuestas de continuar con requerimientos restantes de respuesta bajos y menos con requerimientos de respuesta altos. Cuando la probabilidad de pérdida fue baja los alertas eligieron más continuar que los sujetos somnolientos y, a la inversa, cuando la probabilidad de pérdida fue alta eligieron menos continuar. Los sujetos alertas ganaron significativamente más dinero que los somnolientos. Las combinaciones de etanol y cafeína no produjeron cambios en las ganancias obtenidas, pero sí en la velocidad de las respuestas (el etanol enlentece las respuestas y la cafeína disminuye este efecto). Los autores no proponen explícitamente mecanismos para dar cuenta de los efectos, pero se argumenta en el trabajo que posiblemente la falta de sueño degrada la precisión de los individuos para emitir decisiones complejas.

A modo de resumen, es posible concluir que los mecanismos sugeridos por estos trabajos que afectan la conducta y/o propensión al riesgo son: alteración en la sensibilidad a las consecuencias castigantes y reforzantes, alteración en la memoria de ganancias y pérdidas pasadas (Lane et al., 2004), alteración en la sensibilidad hacia los cambios en la frecuencia del reforzador (Lane & Cherek, 2002) e impulsividad (Dougherty et al., 2008).

Los fármacos pueden afectar la propensión al riesgo directa o indirectamente al afectar alguno de estos procesos, y, en un procedimiento de sensibilidad al riesgo, es posible suponer que varios de esos procesos intervienen en el modo en que se desarrolla la preferencia o aversión por la variabilidad.

De particular interés resulta el estudio de Roehrs et al. (2004) ya que muestra que no sólo los fármacos afectan la preferencia por la variabilidad sino también la privación de sueño. En consecuencia los estados alterados pueden afectar directa o indirectamente la propensión al riesgo, tal como se mostrará en el apartado siguiente.

Así, conforme a lo mostrado hasta aquí pueden enunciarse además del hambre dos conjuntos de variables que pueden afectar la preferencia por la variabilidad, estas son, los fármacos y los estados inducidos, y dado que los trabajos descritos en este apartado muestran que el efecto de preferencia por la variabilidad inicialmente comprobado manipulando el grado de privación, puede ser replicando administrando ciertos fármacos, es posible suponer entonces que los efectos de los fármacos en la conducta en términos de alteración procesos conductuales se asemejan a los efectos del hambre sobre la conducta, es decir, que la privación alimenticia altere procesos conductuales que intervienen en procedimientos de elección, y que son dichos procesos alterados los que modifican la preferencia por la variabilidad.

Observar la preferencia por la variabilidad como una posible consecuencia de procesos conductuales alterados permite el estudio otras variables, algunas de las cuales no concuerdan con la idea de minimización de las probabilidades de inanición inicialmente planteada por Stephens (1981). Así, en un sentido general un análisis de la preferencia por la variabilidad en términos del efecto de procesos alterados tiene diversas implicaciones para el modelo del presupuesto de energía y la teoría del forrajeo. Pero antes de esbozar esas implicaciones es necesario analizar la argumentación y la evidencia disponible para considerar al hambre como un estado alterado, ese será el tema del siguiente apartado.

Efectos del hambre en la conducta y sus implicaciones para el estudio de la sensibilidad al riesgo

El grado de privación determina la cantidad de recursos energéticos que dispone el animal para continuar buscando alimento. En un procedimiento de sensibilidad al riesgo como el descrito, cuando la privación es alta, los recursos son o serán escasos y el animal tenderá a preferir la variabilidad, tal como en general lo ha mostrado

la evidencia empírica (aunque con hallazgos eventualmente contradictorios, ese es en general el efecto esperado en los procedimientos en sensibilidad al riesgo) (véase la revisión de Kacelnik & Bateson, 1996). No obstante, el grado de privación puede afectar procesos como la estimación temporal y la impulsividad, mismos que a su vez pueden tener efectos en la preferencia por la variabilidad.

Desde un punto de vista operante, inicialmente se consideró que el efecto de la privación de alimento consistía en aumentar la efectividad de un reforzador determinado (Michael, 1982) y la manifestación habitual de ello era un aumento en la tasa de respuesta (Baum, 1974). No obstante, los estudios en impulsividad y auto-control han mostrado que el grado de privación puede tener otros efectos.

En términos generales en procedimientos de auto-control se habla de conducta impulsiva cuando el animal prefiere un reforzador pequeño e inmediato sobre uno grande y demorado (como se verá más adelante existen otras manifestaciones conductuales de la impulsividad). Cuando esto pasa, entonces el animal deja de maximizar la tasa de ganancia y en consecuencia también su probabilidad de supervivencia. Visto de este modo, la conducta impulsiva supone aparentemente una contradicción con la teoría del forrajeo en su formulación inicial (Stephens & Krebs, 1986) y, en consecuencia, con el modelo del presupuesto de energía. Debido a ello, trabajos posteriores en la teoría del forrajeo han tenido que hacer una distinción entre maximización a corto y a largo plazo. Así mismo, han tenido que tratar de explicar cómo es que la selección natural favoreció la impulsividad (Stephens, Kerr & Fernández-Juricic, 2004) y qué efectos tiene sobre la forma en que los animales buscan y obtienen el alimento. No obstante, a pesar de incorporar la impulsividad y sus efectos en los patrones de búsqueda de alimento, sus consecuencias sobre los procedimientos en sensibilidad al riesgo no han sido directamente especificadas. En general los trabajos relativamente más recientes en teoría del forrajeo han tratado de explicar bajo qué condiciones la impulsividad puede ser adaptativa, mientras que el estudio de la sensibilidad al riesgo ha quedado como un tópico dentro de la teoría del forrajeo relativamente menos abordado, ello a pesar de que las causas de la preferencia por la variabilidad no han sido esclarecidas[18], y a pesar de que la impulsividad como tendencia adaptativa podría tener implicaciones para situaciones de sensibilidad al riesgo. Sobre el modelo del presupuesto de energía puede afirmarse algo similar ya que en trabajos recientes en general únicamente se

[18] No se está omitiendo el hecho de que existen otros modelos para explicar la preferencia por la variabilidad en el contexto de la teoría del forrajeo, por ejemplo, el modelo del descuento de la varianza y el modelo de la puntuaciones típicas (Stephens & Paton 1986). No obstante, dichos modelos no pueden explicar las inconsistencias encontradas en cuanto a la maximización a corto y a largo plazo encontrada en estudios posteriores.

emplea un solo grado de privación (en todos los trabajos de Stephens aquí citados a partir del 2000 se emplea solamente un nivel de privación).

El valor adaptativo de la impulsividad y la maximización a corto y a largo plazo, son cuestiones relativamente independientes de lo que pretende abordar este trabajo. No obstante, en relación a este apartado, estos temas resultan relevantes ya que permiten indagar sobre los efectos del hambre en la conducta; así mismo, permiten establecer una comparación entre la formulación y la argumentación inicial del modelo del presupuesto de energía (Stephens, 1981) (esto es, que al aumentar el grado de privación el animal prefiere la variabilidad para disminuir sus probabilidades de morir de hambre) y la argumentación que se mantiene actualmente en varios trabajos en teoría del forrajeo. Como se observará, aunque el tema de la sensibilidad al riesgo no ha sido resuelto y aunque los efectos del hambre no han sido por completo aclarados, la discusión actual en teoría del forrajeo se ha enfocado en otros temas.

Steven y Stephens (2010) proponen la impulsividad como mecanismo adaptativo, considerando la distinción entre situaciones de parche y situaciones de presa[19]. Bajo esta consideración la impulsividad puede ser adaptativa en situaciones de parche, pero no en situaciones de auto-control. La evidencia empírica para sustentar esta afirmación tiene que ver con procedimientos donde se compara la ejecución de los animales en procedimientos de elección secuencial y procedimientos de auto-control.

Stephens & Anderson (2001) compararon los patrones de elección entre una situación de parche (permanecer en el parche o salir) y una situación de auto-control (reforzador pequeño e inmediato o grande y demorado). Al utilizar una situación de parche con valores similares de demora a los de un procedimiento de auto-control, encontron que los sujetos (aves) mostraban preferencia por la opción grande y demorada en comparación con el procedimiento de auto-control. En base a eso argumentaron que la impulsividad pudo haber sido favorecida por la selección natural debido a que bajo ciertas condiciones (situaciones de parche en contraposición a

[19] Aunque la distinción entre situaciones de parche y situaciones de presa es una parte importante en la argumentación sobre el valor adaptativo de la impulsividad, no hay un criterio establecido para determinar qué procedimientos simulan situaciones de parche y cuáles situaciones de presa. En relación a los procedimientos de sensibilidad al riesgo, aunque estos implican elecciones binarias simultáneas, no se ha aclarado si estos simulan situaciones de parche o de presa, por lo menos no en la formulación inicial del modelo del presupuesto de energía (Stephens, 1981).

situaciones de presa) incrementa la tasa de maximización a largo plazo, o en casos en los que la conducta impulsiva y no impulsiva conducen a la maximización. Así, ellos afirman:

> Esto sugiere la siguiente hipótesis. La selección natural ha favorecido un mecanismo basado en comparaciones a corto plazo porque esas reglas se aproximan a la tasa de maximización a largo plazo en varios contextos naturales de decisión. Elecciones de presa que involucran elecciones binarias mutuamente excluyentes (como en los estudios de auto-control) son probablemente raras en la naturaleza, así los animales pueden no estar equipados para comportarse apropiadamente en esas situaciones (Stephens & Anderson, 2001, p. 338).

Aquí se observa la propuesta de la impulsividad como mecanismo adaptativo lo cual implicaría una contradicción con las suposiciones iniciales de la maximización a largo plazo en la teoría del forrajeo (Stephens & Krebs, 1986). Nótese además que una situación de sensibilidad al riesgo implicaría una elección binaria entre opciones mutuamente excluyentes. Si una situación así es considerada rara en condiciones naturales, entonces habría que preguntarse cómo es que los procedimientos de sensibilidad al riesgo simulan o modelan situaciones de forrajeo. Por otro lado, tampoco queda claro si la maximización a corto plazo como mecanismo adaptativo puede estar o no interviniendo en los procedimientos de sensibilidad al riesgo, ya que a pesar de que la regla del presupuesto de energía está planteada para situaciones de forrajeo, en su formulación original (Stephens, 1981) no se aclara si se aplica para situaciones de presa o de parche. Cabe señalar, que en el trabajo de Real y Caraco (1986) se afirma que la sensibilidad al riesgo tiene implicaciones para situaciones de presa y de forrajeo social (situaciones de parche). De modo que sigue sin quedar claro si las predicciones del modelo aplican para situaciones de parche o de presa.

En otro trabajo Stephens, Kerr y Fernandez-Juricic (2004) argumentan en esa misma dirección, señalando que en una situación de parche se eliminan los costos de la impulsividad a largo plazo. Adicionalmente señalan que las situaciones de elección se asemejan más a situaciones de parche (elecciones secuenciadas no binarias) y que bajo estas condiciones la impulsividad puede tener una ventaja discriminativa sobre reglas de maximización a largo plazo, ya que al ignorar elementos comunes es posible evaluar diferencias entre pares de alternativas, en el sentido de que comparar elementos temporales cortos es más fácil que comparar elementos temporales largos. La evidencia empírica para sustentar esta afirmación tiene que ver con el hecho de que los sujetos tienen mejor

ejecución en situaciones de parche incluso empleando los mismos valores de demora que en procedimientos de auto-control. Evidencia y argumentación a favor de esta idea puede encontrarse en otro trabajo relativamente más reciente (Stephens & Dunlap, 2009). Bajo esa misma línea de investigación y de argumentación puede consultarse también el trabajo de Fawcett, McNamara y Houston (2012) donde además se incorpora la suposición de que la impulsividad puede deberse a un déficit de información (por ejemplo el número de elecciones de forrajeo restantes en un ciclo determinado).

De acuerdo, con los trabajos citados, los argumentos para considerar a la impulsividad como una tendencia adaptativa son los siguientes[20]:

1. Las situaciones de elección secuencial en contextos de parche eliminan los costos de la impulsividad en comparación con los contextos de auto-control (Stephens & Dunlap, 2009).

2. La impulsividad como regla de maximización a corto plazo puede ser adaptativa cuando conduce al mismo resultado que una regla de maximización a largo plazo.

3. La impulsividad puede ser una característica neural asumiendo que el procesamiento neural está mejor adaptado para comparaciones de tasas locales (en este punto no se cita evidencia empírica) (Stephens & Anderson, 2001).

4. Asumiendo que seguir reglas a corto plazo es más fácil que reglas a largo plazo (ya que éstas requieren comparaciones de proporciones), reglas de elección impulsiva tienen una ventaja discriminativa sobre reglas de elección a largo plazo, debido a que al ignorar elementos comunes (valores de demora muy similares) permiten evaluar señales más prominentes sobre las diferencias relevantes entre pares de alternativas (Stephens, Kerr & Fernández-Juricic, 2004).

5. La impulsividad es un mecanismo adaptativo en respuesta a una restricción de información, debido a que los organismos bajo ciertas condiciones no están debidamente capacitados para comparar la

[20] Para una exposición más sistematizada de la argumentación relacionada con el valor adaptativo de la impulsividad puede consultarse el trabajo de Stevens y Stephens (2010) donde dicha argumentación se sintetiza con la noción de *racionalidad ecológica.*

proporción de ganancias considerando los ensayos en conjunto (exceso de información), eligen considerando sólo la información del ensayo en curso (Stephens, 2002).

Es necesario señalar que en otras aproximaciones la impulsividad ha recibido un tratamiento relativamente diferente. Por ejemplo, de acuerdo con Pavlic y Passino (2010) los animales deciden ignorar o atacar una presa en base a una tasa de ganancia esperada, de modo que cuando los recursos energéticos son altos sus decisiones son más exclusivas, es decir, tendentes a obtener esa tasa de ganancia, pero cuando sus recursos energéticos son bajos sus preferencias se vuelven más inclusivas prefiriendo incluso presas debajo de esa tasa de ganancia. En este caso la conducta y las preferencias impulsivas se presentan a pesar de no maximizar las ganancias a largo plazo (al contrario de la idea de la impulsividad como tendencia adaptativa).

Por otro lado, en economía se ha aceptado al hambre como una "influencia visceral" asociada a la impulsividad, misma que afecta el valor "hedónico" de los reforzadores y la "deseabilidad" de ciertos bienes, conduciendo incluso a que el sujeto actúe en contra de su propio interés (Loewenstein, 1996) y, en consecuencia, no conduce a la maximización. Por ejemplo, en neuroeconomía la conducta impulsiva en las elecciones intertemporales (en este contexto intertemporal se refiere en términos generales a elecciones entre reforzadores probabilísticos o demorados) se ha usado como evidencia de que bajo varias condiciones humanos y animales violan los principios de maximización y racionalidad[21], y que dichas violaciones son probablemente causadas por el modo en que son procesados los reforzadores demorados (como muestra de ello, véase la revisión de Kalenscher & Pennartz, 2008). En el contexto de trabajos en economía y neuroeconomía parece aceptarse más ampliamente el hecho de que los humanos violan los principios de maximización y racionalidad en las elecciones (Kahneman & Tversky, 1979; Yang & Lester, 2008), y bajo esas mismas consideraciones la impulsividad no se presenta precisamente como una tendencia adaptativa. Algo diferente parece suceder con la teoría del forrajeo, lo cual resulta cuestionable siendo que ambas áreas de estudio tienen bastante evidencia sobre violaciones a los

[21] El término racionalidad puede tener varios significados en procedimientos de elección con animales y humanos. Uno de esos significados es equiparable al término óptimo, es decir, una elección racional (óptima) es aquella que tiende a maximizar la utilidad esperada en humanos (Yang & Lester, 2008). Esta idea parece que fue adoptada por la ecología conductual tal como lo sugieren Real y Caraco (1986), de tal suerte que racionalidad y maximización son relativamente equivalentes. Otro significado de racionalidad tiene que ver con el modo en que se jerarquizan opciones de diferente valor (transitividad), en este segundo caso también hay evidencia de que estados alterados como el hambre afectan la transitividad de las elecciones (Schuck-Paim, Pompillo & Kacelnik, 2004). En este trabajo racionalidad se refiere a maximización.

principios de maximización, y siendo que también la situaciones de forrajeo (incluyendo elecciones arriesgadas y efectos del descuento de la demora) modelan situaciones económicas y son muy similares a éstas (Real & Caraco, 1986).

Siendo el grado de privación alimenticia una variable importante para entender la impulsividad desde los procedimientos de auto-control y desde la teoría del forrajeo, y siendo una parte importante del modelo del presupuesto de energía, hubiera sido necesario incluirla en los argumentos y en los procedimientos de los trabajos que afirman que la impulsividad fue favorecida por la selección natural. Sin embargo, esto no se observa ni en el trabajo de Stephens y Anderson (2000) ni en el de Stephens y Dunlap (2009). Aunque el presente trabajo no pretende refutar la teoría del forrajeo es necesario hacer notar que dicha teoría, para tratar con el problema de la impulsividad emplea un cambio radical de discurso, yendo de la maximización a largo plazo a la maximización a corto plazo y asume adicionalmente que ciertos procedimientos se aproximan más a las condiciones naturales que otros, de modo que cuando no opera la maximización a largo plazo (o reglas a largo plazo) opera entonces la maximización a corto plazo (o reglas a corto plazo). Este problema ha sido señalado desde la extensa crítica de Pyke (1984) en los siguientes términos:

> Es también relativamente fácil alterar el tratamiento teórico del forrajeo y los esquemas de colección de datos para acomodar alteraciones en las suposiciones relativas a la adaptación actual y las restricciones funcionales. Por ejemplo, la suposición de que un animal está simplemente maximizando la tasa neta de ganancia puede fácilmente ser modificada para permitir un requerimiento mínimo de algún nutriente (Pyke, 1984, p.526).

Esta crítica puede ser aplicada al cambio de discurso mencionado que va de la maximización a largo plazo a la maximización a corto plazo. Otra de las críticas mencionadas en el trabajo de Pyke (1984) es la dificultad con que los presupuestos de la teoría del forrajeo puede ser probados de forma independiente, de modo que, tal como se menciona con el ejemplo de la maximización, cuando un supuesto no puede dar cuenta de la evidencia entonces es otro supuesto el que da cuenta de la evidencia. Esto mismo puede notarse en la argumentación del carácter artificial de los procedimientos de auto-control y la hipótesis de racionalidad ecológica. Siendo que los resultados de dichos procedimientos contradicen la idea de la maximización, se argumenta entonces que las reglas

a corto plazo son adaptativas en contextos de elección secuencial y los contextos de elección binaria (incluyendo los procedimientos de auto-control) no raros en la naturaleza.

La argumentación y la evidencia empírica necesaria para refutar el modelo del presupuesto de energía y los supuestos de la teoría del forrajeo, van más allá de este trabajo. No obstante, aquí basta con señalar que por el tratamiento que se le ha dado a la impulsividad en la teoría del forrajeo y el modelo del presupuesto de energía no ha sido modificada tras su planteamiento original (Stephens, 1981), es decir, no ha tenido un desarrollo posterior. Por otro lado, los efectos del grado de privación sobre la sensibilidad al riesgo[22] han pasado a segundo plano, quedando como tema central la impulsividad.

Al margen de la discusión sobre las causas de la impulsividad y el modo en que fue favorecida o desfavorecida por selección natural, la relación entre impulsividad y privación alimenticia resulta relevante para este apartado debido a sus posibles implicaciones para los procedimientos en sensibilidad al riesgo. Así, dado que el grado de privación tiene efectos contradictorios en los procedimientos de autocontrol que evalúan impulsividad, es decir, en ocasiones aumentan y en otras disminuyen la impulsividad, el argumento de que la impulsividad fue favorecida por selección natural es bastante discutible, asumiendo que sus efectos se presentan en condiciones donde es y donde no es adaptativa[23].

Cabe señalar además que los efectos del hambre sobre la conducta impulsiva, al cuestionar la idea de la maximización a largo plazo, pueden tener implicaciones sobre los procedimientos en sensibilidad al riesgo. En ese

[22] Cabe señalar que, trabajos relativamente recientes han seguido analizando la sensibilidad al riesgo empleando ciertas variaciones del "procedimiento básico" y tratando de verificar predicciones de modelos como el modelo de elección secuencial, el modelo de presión de guerra (*tug-of-war*) y el modelo de expectativa de las tasas (*Expectation of the ratios*) (Aw, Monteiro, Vasconcelos & Kacelnik, 2012). Otros trabajos, han tratado la idea de las valoraciones dependientes del estado del organismo y su relación con los costos, pero bajo procedimientos que no implican preferencia por opciones fijas o variables (Aw, Vasconcelos & Kacelnik, 2011).

[23] No se está ignorando el hecho de que una definición teórica o metodológica del término adaptación supone problemas dentro de la propia teoría de la evolución. Aquí se está haciendo un uso relativamente acotado de dicho término, asumiendo que lo que es adaptativo (partiendo de cómo se usa el término dentro de la teoría del forrajeo) es aquello que maximiza las ganancias, en ese sentido el término adaptación está ligado a las ideas de racionalidad biológica y racionalidad económica, mismas que también tienen que ver con la maximización (para una exposición más detallada de estos términos y los problemas que implican véase el trabajo de Kacelnik, 2004). Esta idea de adaptación, tal como se está señalando, no sustenta el argumento de que la impulsividad es o puede ser adaptativa.

sentido, la privación de alimento puede provocar la preferencia por la variabilidad por razones diferentes a la maximización. Esto plantea la posibilidad de que la privación alimenticia sea un estado (similar a los estados inducidos por administración de drogas y otros procedimientos) que altera procesos conductuales que a su vez determinan la preferencia por la variabilidad. Para sustentar esta posibilidad es necesario mostrar algunos hallazgos sobre los efectos del nivel de privación en procesos conductuales que posiblemente intervienen en la sensibilidad al riesgo.

Como se expondrá a partir de este momento la privación alimenticia tiene efectos contradictorios en los procedimientos de auto-control, es decir, en ocasiones conduce a maximizar las ganancias y en ocasiones no. Esto no permite confirmar que la impulsividad sea necesariamente adaptativa. La privación alimenticia por otro lado puede alterar la estimación temporal, lo cual puede tener implicaciones para procedimientos donde de sensibilidad al riesgo donde se varíe la demora.

Bradshaw y Szabadi (1992) emplearon 5 ratas para estudiar el efecto del grado de privación sobre la preferencia por reforzadores demorados en una serie de 3 experimentos (relevantes para este apartado los experimentos 1 y 3). En el primero de sus experimentos las ratas fueron privadas al 80% y expuestas a dos opciones: 50 microlitros de .05 *M* (moles[24]) de solución de sucrosa (opción A) y la segunda 50 microlitros de .32 *M* de solución de sucrosa (opción B). La primera opción entrega el reforzador de forma inmediata y la segunda con una demora que varió a lo largo de las sesiones. En cada sesión las ratas fueron expuestas a 22 ensayos de no elección donde solamente se presentaba la opción A o B y ensayos de elección libre en los que el valor de la demora de la opción B varió a lo largo de las sesiones pasando por los siguientes valores: 4, 8, 16, 32 segundos, ausencia de reforzamiento, 32, 16, 8 y 4 segundos.

Los resultados mostraron que conforme se incrementó el valor de demora la preferencia hacia ésta opción disminuyó, mientras que cuando el valor se redujo, la preferencia hacia B se restableció, encontrándose el punto de indiferencia entre los valores 16 y 32.

En el experimento 3 se utilizó la misma cantidad de reforzador que en el experimento 1. La opción A entregaba la solución de sucrosa de forma inmediata y la opción B la entregaba con demoras que variaron con

[24] En Química la molaridad es una medida de concentración química que expresa la cantidad de moles (Cantidad de materia de una sustancia que equivale a su peso molecular expresado en gramos) de un soluto, contenidos en un litro de solución.

valores de 0, 2, 4, 8, 16 y 32. 4 ratas estuvieron privadas al 80% y 4 al 90%. Durante la fase dos se revirtió el grado de privación para todas las ratas y fueron expuestas a los mismos valores de demoras. Los resultados mostraron que con ambos niveles de privación entre mayores valores de demora menor preferencia por la opción B. El punto de indiferencia se encontró a los 8 segundos para el grupo privado al 90% y entre 16 y 32 segundos (consistente con el experimento 1) para el grupo privado al 80%.

Por lo tanto, lo que se observa en este trabajo es que al aumentar el grado de privación, los sujetos toleran más demoras largas. Conforme a este hallazgo resultaría entonces que a mayor privación menores elecciones impulsivas, contradiciendo la idea propuesta de que los mayores niveles de privación conducen a una mayor conducta impulsiva.

En otro trabajo Ho et al. (1997) encontraron resultados similares. Ellos usaron un procedimiento de demora ajustada con 20 ratas hembras, la mitad de ellas fue privada al 90% y la otra mitad al 80%.

Durante el procedimiento de demora se empleó una opción A que entregaba un pellet con una demora corta y una opción B que entregaba 2 pellets con una demora larga. Se administraron 8 bloques de 4 ensayos, en cada bloque dos ensayos fueron forzados y dos libres. Se administraron 4 fases (la primera de 60 sesiones y el resto de 40 sesiones) que variaron en relación al valor inicial de la demora en la opción A (2, 4, 8 y 2 segundos). Los valores de las opciones A y B cambiaron de bloque a bloque del siguiente modo: si la opción A era elegida en los dos ensayos libres la demora de B se redujo un 20% en el siguiente bloque, si la opción B era elegida durante los dos ensayos libres se incrementaba un 20% para el siguiente bloque. Lo valores permanecieron iguales si la rata elegía en igual proporción A y B durante un bloque. El valor promedio de B durante los últimos 4 bloques se usó como valor inicial para la siguiente sesión. En este caso se analizó el valor de B durante las últimas 10 sesiones.

Los resultados mostraron que las ratas privadas al 90% obtuvieron menores valores para la opción B en la fase uno (valor inicial de A de 2 segundos) en comparación con las ratas privadas al 80%. Durante las fases 2 y 3 los valores de B se incrementaron pero las diferencias causadas por el grado de privación desaparecieron (valores de A de 4 y 8 segundos). En la fase 4 al regresar a un valor de A de 2 segundos se obtuvo de nuevo el efecto de la fase 1. Por lo tanto, se observó un efecto similar al encontrado en el trabajo de Bradshaw y Szabadi (1992) donde mayor privación se asoció con menor impulsividad.

Uno de los problemas respecto a la relación entre nivel de privación e impulsividad es lo contradictorio de los hallazgos. Por ejemplo, en el trabajo de Snyderman (1983) (como se citó en Bradshaw y Szabadi, 1992), se observa el efecto contrario, ya que en su procedimiento de autocontrol los pichones prefirieron la opción pequeña e inmediata cuando el nivel de privación era mayor (al 80% de su peso corporal en comparación con privación al 95%).

En otro trabajo Zaichenko y Merzhanova (2011) emplearon ratas privadas al 80% en un procedimiento de autocontrol. Un grupo de ratas paso por un periodo de privación de 24 horas previo a la sesión experimental y el otro recibió alimento suficiente para mantenerse al 80% (el grupo de 24 horas de privación pasó posteriormente al procedimiento en estado de saciedad, es decir, 0 privación[25]). Encontraron que las ratas con 24 horas de privación prefirieron el reforzador grande y demorado, mientras que las ratas sin periodo de privación, pero mantenidas al 80% de su peso en línea base, prefirieron el reforzador pequeño e inmediato. Las ratas inicialmente privadas al ser expuestas en estado de saciedad prefirieron el reforzador pequeño e inmediato.

Otros trabajos muestran en general que a mayor privación mayor preferencia por la opción grande y demorada, por ejemplo, en ratas privadas de agua (Christensen-Szalanski et al., 1980 como se citó en en Bradshaw y Szabadi, 1992), pero otros trabajo también replican el efecto de preferencia por la opción pequeña e inmediata a mayor privación (Eisenberger, Masterson & Lowman, 1982 como se citó en en Bradshaw y Szabadi, 1992).

Por lo tanto, estos trabajos muestran por un lado, que los altos niveles de privación conducen en ocasiones a elecciones impulsivas que no maximizan las ganancias y en ocasiones a lo contrario[26]. Considerando esto, no es posible concluir que la impulsividad o que las reglas de elección a corto plazo sean adaptativas y el argumento de que las situaciones de auto-control son poco naturales requeriría mayor evidencia empírica, ya que la mayoría de los procedimientos empleados para probar la teoría del forrajeo se dan en condiciones relativamente alejadas del ambiente natural de los organismos. Por otro lado, la evidencia contradictoria en procedimientos de auto-control

[25] En este caso 0 privación, implica que las ratas dejaron comida sin consumir antes de pasar a la situación experimental.

[26] La mayoría de estos trabajos no analizan directamente la cuestión de la maximización sino el modo en que ciertas funciones de decaimiento del reforzador (por ejemplo función exponencial vs función hiperbólica) pueden dar cuenta de los datos. No obstante, la preferencia por un reforzador pequeño e inmediato sobre uno grande y demorado se puede usar como indicador de la maximización de las ganancias.

no descarta la posibilidad de que la impulsividad como consecuencia del grado de privación esté interviniendo en procedimientos de sensibilidad al riesgo.

En relación a los efectos de la privación alimenticia sobre la estimación temporal la evidencia empírica parece ser más consistente en el hecho de que a mayor nivel de privación mayor número de respuestas por unidad de tiempo y menor número de reforzadores ganados. Por ejemplo, Reynolds (1964) usó 3 pichones privados al 80% para ser expuestos a un programa de reforzamiento diferencial de tasas bajas (DRL). En su procedimiento los sujetos fueron expuestos a un DRL de 20 segundos con un nivel del privación del 80% y posteriormente pasaron gradualmente a la saciedad (no especifica qué porcentaje de peso se consideró saciedad) en las sesiones posteriores. Al graficar los tiempos entre respuestas se encontró que durante la privación al 80% como consecuencia del aumento en la tasa de respuesta (efecto asumido dada la privación), la frecuencia de los tiempos entre respuestas tendió a una peor discriminación en comparación con la condición de saciedad, es decir, con privación al 80% los sujetos emitían más tiempos entre respuestas cortos, generando en consecuencia más respuestas prematuras. Así en este caso el efecto encontrado implica que a mayor privación se obtiene una peor ejecución en un procedimiento que requiere de discriminación temporal.

En otro trabajo, Lewis y Dougherty (1992) usaron un programa de intervalo variable con una contingencia de omisión para evaluar el efecto del grado de privación en pichones. Se emplearon 4 sujetos (dos para cada condición) y dos condiciones de privación. En la primera condición los sujetos pasaron de un privación del 90% a una del 70%, y en la segunda condición lo sujetos fueron expuestos a tres niveles de privación (90%, 80% y 70%) en un orden diferente para cada sujeto. Todos los sujetos pasaron por un programa IV 30 segundos con un rango de intervalos de 20 a 40 segundos, al programa se le agregó una contingencia de omisión, de modo que, cualquier respuesta antes de la finalización de un intervalo dado cancela la entrega del reforzador (6 segundos de acceso al comedero) en ese intervalo. Se estableció un periodo de manejo (*hold*) infinito, por lo que el siguiente intervalo inicia después de haber sido entregado el reforzador o una vez que se haya emitido una respuesta de cancelación. Se administraron sesiones diarias hasta completar 150 intervalos. Se analizó la tasa de respuesta y la cantidad de reforzadores omitidos.

Los resultados mostraron que en ambas condiciones el mayor grado de privación provocó un aumento en la tasa de respuesta y en la cantidad de reforzadores omitidos. En la primera condición los dos sujetos omitieron en la primera sesión el 68 y el 69% de los reforzadores y terminaron por omitir el 99 y el 100% de los reforzadores

en la última sesión. En la segunda condición se encontró un efecto similar donde la principal diferencia se encontró entre la privación al 90 y al 70%. En general, los resultados replican el efecto de empeoramiento en la ejecución encontrado en programas DRL pero en un procedimiento de intervalo variable con contingencia de omisión.

En un trabajo relativamente más reciente Tanno, Kurashima y Watanabe (2011) encontraron de nuevo el efecto de empeoramiento en la ejecución al aumentar el grado de privación. En su experimento 1 ellos emplearon 7 ratas, 4 de ellas fueron asignadas al grupo de alta privación (80% del peso corporal) y 3 al grupo de baja privación (90% del peso corporal). Los sujetos fueron expuestos a los siguientes tratamientos diariamente: 10 sesiones de DRL de 5 segundos, 10 de DRL 10 segundos, 5 de DRL 15 segundos y 5 de DRL 20 segundos en ese orden (no se especifica si hubo contrabalanceo). Posteriormente se expusieron a un DRL 30 segundos por 30 sesiones, invirtiéndose los niveles de privación en cada grupo. Finalmente, se expusieron a 20 sesiones adicionales de DRL 30 segundos. En este caso se analizó el porcentaje de eficiencia (respuestas por reforzador) en el DRL 30 segundos.

El hallazgo de interés en este caso fue que al considerar las últimas 3 sesiones del DRL 30, las ratas privadas al 80% tuvieron un menor porcentaje de eficiencia (más respuestas por reforzador) en comparación con las ratas privadas al 90%. Consistente con este hallazgo, al graficar los tiempos entre respuestas se encontró que la frecuencia de tiempos entre respuestas de las ratas privadas al 80% tuvo un mayor sesgo hacia los intervalos cortos, mientras que en las ratas privadas al 90% hubo un mayor sesgo hacia los intervalos largos.

Como se observa en estos trabajos la privación de alimento no sólo causa un aumento en la tasa de respuesta sino que altera y empeora la discriminación temporal en procedimientos de intervalo variable y reforzamiento diferencial de tasa bajas, donde una adecuada discriminación temporal es necesaria para maximizar la cantidad de reforzadores obtenidos. Aunque la relación entre estos procedimientos y los procedimientos en sensibilidad no es directa, la alteración en la discriminación temporal y la impulsividad pueden ser elementos comunes entre ellos. Considérese un procedimiento de sensibilidad al riesgo donde el animal debe elegir entre una demora variable o una constante bajo un alto grado de privación, si su capacidad de discriminar temporal está afectada, y si su impulsividad aumenta, es posible que las demoras cortas presentes en la opción variable adquieran un mayor valor en comparación con la demora constante. Visto de este modo, el animal estaría eligiendo la opción de demora variable como consecuencia de una alteración en la capacidad de tolerar demoras largas y no como consecuencia de una tendencia en la maximización a corto o a largo plazo.

Por otro lado, considerando que las reglas a corto plazo tengan una ventaja discriminativa sobre las reglas a largo plazo, tal como lo sugieren Stevens y Stephens (2010), el hallazgo de Lewis y Dougherty (1992) implicaría que la privación alimenticia puede inducir al uso de reglas a corto plazo incluso en condiciones donde esto conlleva a la pérdida de casi todos los reforzadores posibles. Esto cuestionaría de nuevo la idea de la impulsividad como una tendencia adaptativa. Quedaría por supuesto la cuestión de si los procedimientos DRL se aproximan a las condiciones naturales de los organismos, pero tal como se ha sugerido antes, siendo que no hay evidencia empírica consistente sobre qué procedimientos se aproximan más a las condiciones naturales de los animales, el argumento de la falta de validez ecológica podría aplicarse tanto a los procedimientos de autocontrol, como a los procedimientos de parche o los procedimientos DRL. En consecuencia, aunque el efecto del grado de privación sobre la conducta impulsiva y sobre la discriminación temporal sea variable, la posibilidad de que la sensibilidad al riesgo pueda estar siendo determinada por la alteración de esos procesos y no por la maximización, no puede ser descartada considerando la evidencia empírica disponible.

La argumentación y evidencia expuesta aquí ha partido del análisis de los efectos del grado de privación sobre la impulsividad y la discriminación temporal, particularmente procedimientos de autocontrol y procedimientos DRL. Otra fuente de argumentación puede encontrarse en trabajos teóricos de orientación cognitiva donde tanto la impulsividad como la percepción temporal han sido asociadas con las elecciones arriesgadas. Por ejemplo, Wittmann y Paulus (2007) argumentan que existe una relación entre la impulsividad, la percepción del tiempo y la toma de decisiones, ya que asumiendo la existencia de un “reloj interno”, puede haber varias condiciones que provocan que dicho reloj avance más rápido o más lento, provocando subestimación o sobrestimación del tiempo. Para el caso de la impulsividad se considera que existe una sobrestimación del tiempo lo cual provoca que “soportar las demoras” resulte más costoso. Entre esas condiciones donde se altera la percepción del tiempo se encuentra el estrés, la depresión, la ansiedad, la atención y el aburrimiento, entre otros. Para sustentar su argumentación los autores presentan evidencia en poblaciones clínicas y no clínicas donde se observa subestimación o sobrestimación del tiempo en diversos procedimientos de estimación temporal. En general, muestran que bajo ciertas condiciones estresantes (estados motivacionales, humor y factores viscerales) el tiempo se percibe de forma más lenta y bajo condiciones reforzantes se observa lo contrario. Así, por lo menos, dos mecanismos causan sobrestimación del tiempo: atención incrementada y excitación incrementada (*arousal* incrementado). Ambos mecanismos pueden influir en la toma de decisiones. En consecuencia Wittmann y Paulus (2007) señalan:

> En resumen, una colocación incrementada de recursos atencionales al tiempo y/o estados de excitación incrementada, posiblemente motivados por aflicción emocional, pueden ser el principal factor que altera el modo en el cual sujetos impulsivos toman en cuenta el tiempo cuan do efectúan decisiones. (Wittmann & Paulus, 2007, p. 11).

Una idea similar se encuentra en el trabajo de Droit-Volet y Meck (2007) donde analiza la influencia de las emociones en la percepción del tiempo y se observan de nuevo los efectos de sobrestimación y subestimación. En otro trabajo sobre los substratos neurales de la percepción del tiempo, se sugiere que incluso condiciones de privación sensorial causan sobrestimación del tiempo (Wittmann, 2009).

Considerando que ciertas condiciones estresantes para los organismos, como factores motivacionales, emociones y estados viscerales, afectan su percepción temporal y conducen a la sobrestimación del tiempo, es posible considerar que la privación alimenticia podría ser una de esas condiciones, de modo que, la preferencia por un reforzador pequeño e inmediato, la incapacidad para responder ante intervalos largos en programas DRL y de intervalo variable podría ser explicada en términos de una sobrestimación del tiempo.

Considerando la evidencia expuesta en relación a la ejecución en procedimientos de autocontrol, programas de DRL y de intervalo variable, así como los argumentos sobre los efectos de la relación entre impulsividad, emociones y factores motivacionales en la percepción del tiempo. Los efectos de la privación alimenticia en términos de alteración de procesos relacionados con la percepción del tiempo, permiten sustentar la posibilidad de que el hambre puede entenderse como un estado inducido similar a los estados inducidos por la administración de fármacos y otros procedimientos. Así mismo, permite sustentar la posibilidad de que son los procesos alterados más que la maximización de las ganancias lo que está afectando la ejecución en procedimientos de sensibilidad al riesgo.

Tal como se mostrará en los siguientes apartados, existe una gran cantidad de evidencia empírica que demuestra que la preferencia por la variabilidad en diferentes procedimientos que evalúan riesgo, puede entenderse en términos de procesos conductuales alterados y que el efecto de dichos procesos alterados llega a predominar incluso sobre el efecto esperado del grado de privación.

Efectos de la manipulación de estados en la propensión al riesgo

No hay una definición consensuada de lo que es un estado. No obstante, desde la farmacología conductual se hace referencia a los estados en términos de estímulos internos que proporcionan información al sujeto y llegan a modificar su conducta. Así Orozco, López y Velázquez (1998) afirman que:

> Los estímulos también pueden ser interoceptivos, si su localización es interna al sujeto. En algunos casos se les llama estados, como son, el hambre, la sed, la tristeza etc. A semejanza de los estímulos exteroceptivos, la emisión de la conducta también depende de los estímulos interoceptivos, de tal manera que la probabilidad de que los sujetos sonrían es mayor cuando están alegres (Orozco et al., 1998, p. 2).

Con una argumentación similar Díaz y Velázquez (2000) sugieren que los animales son capaces de discriminar sus estados internos, lo cual puede ser demostrado con estudios en farmacología conductual donde se observa que los animales experimentan los efectos subjetivos de las drogas de forma similar a como sucede en los humanos.

Conforme a lo anterior el fenómeno conocido como aprendizaje dependiente del estado se ha tomado como evidencia empírica de que los animales pueden discriminar sus estados internos. El fenómeno consiste en términos generales en que el animal es capaz (o incapaz) de ejecutar una tarea o ejecutarla de diferente modo cuando existe cierto conjunto de estímulos discriminativos internos. En un procedimiento usual se entrena a los sujetos con y sin la administración del fármaco, y posteriormente se pasa a una fase de prueba donde se evalúa su aprendizaje con y sin el fármaco, el hallazgo encontrado es que el aprendizaje adquirido bajo los efectos del fármaco no se generaliza a una situación en ausencia de los efectos del fármaco, y a la inversa, lo aprendido sin efectos del fármaco no se generaliza a una situación bajo los efectos del fármaco. Este efecto se ha encontrado en procedimiento de escape en laberinto T (Overton, 1964) y procedimientos de discriminación empleando choques y comida en ratas (Thompson & Grossman, 1972). En humanos se ha encontrado al manipular el intervalo entre el sueño y el entrenamiento (Walker et al. 2002)

Partiendo de esta definición mencionada y de la evidencia citada, es posible asumir que los efectos de los fármacos, así como de otros procedimientos que inducen estados en los organismos, pueden conducir a

determinados cambios conductuales que alteran la preferencia. En este sentido algunos hallazgos hablan de decisiones dependientes del estado (Schuck-Paim, Pompillo & Kacelnik, 2004).

Los procedimientos que evalúan el efecto de los estados alterados implican en términos generales la administración de un procedimiento para inducir un estado al organismo y posteriormente la exposición a un procedimiento de elección. Los resultados son descritos en términos de los posibles procesos alterados durante el procedimiento de elección.

Mckenna, Dickinson, Orff y Drummond (2007) evaluaron el efecto de una noche de privación en una tarea de elección con riesgo. Para su estudio emplearon 26 sujetos que registraron sus hábitos de sueño durante una semana. Su utilizó un grupo privado de una noche de sueño (22.7 horas de privación total de sueño) y un grupo control (sujetos con sueño normal en casa) (no se especifica el modo de inducir la privación de sueño). Los sujetos fueron expuestos a una tarea de elección que consistió en la elección de diferentes cartas (tarea de elección de lotería). En este procedimiento los sujetos deben elegir entre dos juegos con el mismo promedio de ganancias pero diferente varianza, cada juego se compone de cartas de 3 diferentes colores. El primero juego contiene 20 cartas rojas, 20 cartas azules y 20 amarillas, siendo el pago de éstas 20, 20 y 0 dólares respectivamente. El segundo contiene la misma cantidad de cartas con los mismos colores pero estas cartas entregan 1, 2 y 37 dólares respectivamente. Este mismo procedimiento se aplicó con los mismos valores pero en condición de pérdidas. Tanto en pérdidas como en ganancias el primer juego se considera menos arriesgado que el segundo. Con este procedimiento los sujetos emitieron 5 elecciones para pérdidas y 5 para ganancias.

Los resultados mostraron que el grupo control mostró aversión al riesgo bajo condición de ganancia y propensión bajo condición de pérdidas. Los sujetos privados de sueño se mostraron menos aversivos al riesgo en condición de ganancias y menos propensos al riesgo bajo condición de pérdidas (pero sin significancia estadística). Estos hallazgos no son completamente consistentes con los encontrados por Roehrs et al. (2004).

Los autores propusieron diferentes mecanismos para explicar el efecto de la privación de sueño: alteración en la habilidad para evaluar el riesgo (calcular el valor de las opciones), evaluación extrema del valor subjetivo de las opciones, aumento en las respuestas al azar y motivación reducida.

Porcelli y Delgado (2009) evaluaron el efecto del estrés en un procedimiento que simulaba elecciones financieras bajo riesgo. Emplearon 33 sujetos que fueron expuestos a un procedimiento de elección con dos

conjuntos de juegos, uno que arrojaba pérdidas y otro ganancias. En el contexto de pérdidas los sujetos debían elegir entre .8 de probabilidad de perder .75 dólares y .2 de probabilidad de perder 3 dólares. Los mismos valores se usaron para el contexto de ganancias. Los sujetos fueron divididos en condición de estrés y no estrés, empleándose 20 ensayos para condición. Antes de pasar al procedimiento de elección (no especifica el intervalo entre la administración del estrés y el procedimiento de elección) a los sujetos de la condición de estrés se les indujo estrés al introducir su mano dominante en agua fría por dos minutos (agua a 4 grados centígrados).

Los resultados mostraron que los sujetos emitieron más elecciones arriesgadas en el contexto de pérdidas que en el contexto de ganancias bajo la condición de no estrés (efecto de reflexión). Bajo la condición de estrés se realizaron menos elecciones arriesgadas que bajo condiciones de no estrés en contexto de ganancias. En el contexto de pérdidas los sujetos bajo la condición de estrés hicieron más elecciones arriesgadas que bajo la condición de no estrés. Adicionalmente se encontró que los sujetos bajo condición de estrés ejecutaron más rápido la tarea en comparación con los sujetos de no estrés.

En este caso los resultados son interpretados como una acentuación del efecto de reflexión, mismo que en términos generales implica que los sujetos son en general aversivos al riesgo bajo condiciones de ganancias y propensos al riesgo bajo condiciones de pérdidas (para una explicación más detallada de este efecto, véase Kahneman & Tversky, 1979). Así, los resultados muestran que el estrés afectó la preferencia en contexto de pérdidas y de ganancias.

En otro trabajo van den Bos, Harteveld y Stoop (2009) analizaron el efecto del estrés en los niveles de cortisol y la ejecución en un procedimiento de elección. Ellos emplearon 33 hombres y 38 mujeres que fueron expuestos a un procedimiento de estrés social. En este procedimiento se les indica a los sujetos que deben preparar un discurso (de 5 minutos) en un periodo 3 minutos, mismo que será analizado y calificado. Posteriormente se tomaron muestras de saliva para evaluar los niveles de cortisol, y finalmente se aplicó la tarea de elección IOWA. Los sujetos del grupo control pasaron 5 minutos leyendo revistas y escuchando música antes de la tarea de elección.

En la prueba del IOWA los sujetos deben elegir entre dos barajas, la primera contiene cartas de tipo A y B donde existen cartas que implican ganancias grandes a corto plazo (100 euros) pero también cartas que implican mayores pérdidas a largo plazo (pérdidas de 250 Euros cada 10 cartas), la segunda baraja contiene cartas C y D (esta opción se considera arriesgada dado que su variabilidad es mayor), donde existen cartas con ganancias

moderadas a corto plazo (50 euros) y una mayor tasa de ganancia a largo plazo (ganancias de 250 euros cada 10 cartas). Cabe señalar que para la tarea del IOWA los valores suelen cambiar en cada procedimiento particular manteniendo la condición de que una opción proporciona mayores ganancias a largo plazo[27].

En base a los niveles de cortisol segregados después de la administración del estrés los sujetos fueron clasificados en alta y baja tasa de cortisol. En general se observó que los hombres tienden a aprender que las barajas C y D son más ventajosas a largo plazo, por lo que terminan eligiéndolas, pero los sujetos con alta tasa de cortisol lo aprenden más lentamente en comparación con el grupo control y con el grupo de baja tasa del cortisol. En consecuencia las ganancias acumuladas fueron significativamente menores para los sujetos con alta tasa de cortisol, mientras que para los sujetos del grupo control fueron relativamente iguales. En el caso de las mujeres, se encontró un efecto relativamente distinto, donde las mujeres con alta tasa de cortisol tuvieron una ejecución ligeramente por encima del grupo de baja tasa de cortisol y del grupo control, estos últimos tuvieron una ejecución relativamente similar.

Los resultados de este trabajo apuntan a que el estrés afecta la propensión al riesgo y que dicho efecto es parcialmente mediado por el sexo. Respecto a los efectos del estrés se han encontrado resultados variables en la preferencia, mismos que dependen en parte del procedimiento de administración de estrés utilizado, de los marcadores de estrés asumidos y del tipo de procesos involucrados en la tarea de elección que se utiliza (para una revisión sobre ello véase Starcke & Brand, 2012).

En ratas se ha explorado el efecto del estrés en procedimientos de elección que no implican necesariamente riesgo. Por ejemplo, Graham, Yoon y Kim (2010) estudiaron el efecto del estrés incontrolable en una situación de búsqueda de agua en ratas. Se usaron ratas privadas de agua hasta alcanzar el 80% de su peso corporal, estas ratas fueron expuestas a un procedimiento de obtención de agua con un procedimiento similar a un laberinto en 8, donde la rata escoge correr hacia uno de los lados, recibe la cantidad de agua programada para ese lado y posteriormente regresa a la parte central para elegir de nuevo. Las ratas fueron divididas en 4 grupos que se diferenciaban por el tratamiento recibido antes de la situación de elección: control, estrés, inactivación de la amígdala más estrés y administración de corticosterona. El primer grupo no recibió ningún tratamiento, el

[27] Para una descripción del procedimiento tal como fue propuesto inicialmente puede consultarse el trabajo de Bechara, Damasio, Damasio y Anderson (1994).

segundo grupo recibió una hora de choques intermitentes durante una hora (choques de un amper, duración de un segundo e intervalos de administración de 115 segundos) el tercer grupo recibió muscimol mediante una cánula insertada en la amígdala para inducir su desactivación y posteriormente choques intermitentes durante una hora, el cuarto grupo recibió tres infusiones diarias de corticosterona con una dosis de 3 mg./kg. Los grupos segundo, tercero y cuarto recibieron el tratamiento 30 minutos antes de la situación de elección. Finalizado el tratamiento se estableció una línea base y se aplicó una prueba de elección. Durante la línea base (3 días) ambos lados del laberinto ofrecieron .04 ml. de agua con una probabilidad de .8 y durante la prueba de elección uno de los lados triplicó la cantidad de agua entregada (.12 ml.) mientras la probabilidad asociada a él permaneció igual. Todos los grupos fueron expuestos tres días a este procedimiento mientras que el grupo de estrés recibió una exposición de 6 días (los tres días extras fueron para observar si la preferencia lograba equipararse con los otros grupos).

Los resultados mostraron que todos los grupos desarrollaron un sesgo por el lado del laberinto que entrega más reforzador excepto el grupo de estrés, donde dicho sesgo nunca alcanzó las mismas proporciones en comparación con los otros grupos. Adicionalmente se encontró que este sesgo mostró diferencias respecto de la ejecución en línea base solo hasta las últimas sesiones, así como que el grupo completó los ensayos más rápidamente debido a que en lugar de explorar otros sitios del laberinto después de una elección, las ratas de este grupo regresaron inmediatamente a la parte central del laberinto. En conjunto los resultados fueron explicados en términos de los posibles efectos del estrés en la flexibilidad conductual, el aprendizaje, la memoria y la capacidad para discriminar el valor de dos alternativas.

Hasta aquí se han mostrado hallazgos sobre los efectos del estrés y la privación de sueño en procedimientos de elección, confirmando que la manipulación de estados afecta la propensión al riesgo. Cabría señalar además, tal como se insistirá posteriormente, que la privación alimenticia puede entenderse como un estado alterado.

En este sentido Aw, Holbrook, Perera y Kacelnik (2009) hablan de evaluaciones dependientes del estado para referirse en términos generales al modo en que el entrenamiento con cierto grado de privación puede afectar posteriormente la preferencia. Los autores usaron 13 peces (*Astyanax fasciatus*) que fueron expuestos a un laberinto "Y". Los peces fueron expuestos a dos condiciones, una de economía cerrada y otra con alimentación previa. En la primera recibían el 24% de su peso corporal en alimento (contexto pobre) y en la segunda el 42%

(contexto rico). Posteriormente los sujetos pasaron a una fase de familiarización con acceso libre a ambos lados del laberinto. En la fase de entrenamiento los peces elegían forzadamente uno solo de los brazos asociado a un color (aunque el pez podía explorar el otro brazo no tenía acceso hasta el final de éste en donde se encontraba el alimento), tanto en contexto pobre como en rico (los autores no ofrecen detalles sobre el contrabalanceo); al elegir cualquier brazo el pez recibía siempre la misma cantidad y tipo de reforzador. Al finalizar el entrenamiento (cumpliendo 8 elecciones consecutivas en el brazo asociado al contexto) los peces pasaron a la fase de prueba donde tenían libre acceso a ambos brazos con el mismo tipo y cantidad de reforzamiento, ello bajo contexto rico y contexto pobre.

Al analizar los resultados se encontró que no hubo sesgo en relación a los colores utilizados en los brazos durante la fase de entrenamiento. En la fase de prueba se encontró que los animales preferían el brazo asociado en el entrenamiento con el mayor grado de privación, ello bajo contexto rico y contexto pobre.

Los resultados de este trabajo son explicados en términos de una evaluación dual del contenido del aprendizaje, en términos de un procesamiento de las propiedades físicas de la opción (cantidad, magnitud etc.) y los beneficios que dicha alternativa produce, siendo este último dependiente del estado (el grado de privación). Conforme a este punto de vista la preferencia puede venir determinada por las demandas energéticas, ya que dado que dichas demandan alteran la valoración de las opciones es posible provocar elecciones sub-óptimas o irracionales. Aunque este estudio no tiene implicaciones directas sobre los procedimientos en sensibilidad riesgo, si sugiere otro mecanismo mediante el cual el hambre puede afectar la preferencia, al alterar el valor atribuido a las alternativas presentadas.

Conforme a los hallazgos mencionados el estrés y la privación de sueño pueden afectar la propensión al riesgo al afectar procesos tales como la sensibilidad al reforzador, la memoria, la habilidad para evaluar el valor de las opciones, respuestas al azar y la motivación. Así, la manipulación de estados se presenta como otra forma de evaluar las variables que afectan la preferencia por el riesgo sin asumir necesariamente la idea de que los organismos están maximizando en mayor o menor grado su probabilidad de supervivencia.

El efecto de la manipulación de estados y otros procesos alterados en las decisiones (arriesgadas y no arriesgadas), ha sido también analizado desde la economía, estudiando variables que afectan la racionalidad de las decisiones, tales como; impulsividad, condiciones clínicas (trastornos mentales y neuropsicológicos), clase social, nivel de inteligencia y edad entre otras (Yang & Lester, 2008). Adicionalmente se ha mostrado que en

humanos estados afectivos como el humor depresivo afectan la propensión al riesgo en elecciones hipotéticas (Yuen & Lee, 2003). En ese sentido se ha hablado también de influencias viscerales en la conducta que pueden alterar las decisiones (Loewenstein, 1996). Las variables sugeridas en estos trabajos implican eventualmente la intervención de estados alterados (por ejemplo, depresión y ansiedad entre otros), pero en otros casos no es un estado alterado lo que modifica la propensión al riesgo sino la presencia de una característica que varía de individuo a individuo (por ejemplo el cociente intelectual).

Debido a esto, el estudio de las diferencias individuales en humanos y animales se ha mostrado como una forma útil de explorar otros procesos implicados en la propensión al riesgo. A continuación en este mismo documento se describirán algunos hallazgos al respecto.

Efectos de las diferencias individuales en animales no humanos y humanos en la propensión al riesgo

El estudio de las diferencias individuales en humanos y animales y sus efectos en la propensión al riesgo, se basa principalmente en la administración de procedimientos (por ejemplo pruebas de descuento temporal en ratas) o instrumentos (por ejemplo, inventarios de personalidad) que permiten establecer una clasificación respecto a la presencia de cierta característica conductual, fisiológica o cognitiva en una población determinada. En base al modo en que se distribuye el rasgo en la muestra utilizada se toman los casos extremos y se establece la clasificación. Cabe señalar que no hay un criterio consensuado para tomar los casos extremos, pudiendo ser en ocasiones el primer y último cuartil, el 20% de cada extremo o los casos que se alejen una cantidad determinada de desviaciones estándar respecto al promedio.

Se han identificado que ciertos rasgos evaluados por inventarios en seres humanos correlacionan con la propensión al riesgo. En ratas se han encontrado resultados similares aunque la cantidad de trabajos es menor.

Por lo menos tres características se ha encontrado que correlacionan con la propensión al riesgo en seres humanos: la impulsividad, la ansiedad y la búsqueda de novedad. El modo en que afectan la propensión al riesgo parece ser distinto de acuerdo a los hallazgos de cada trabajo, debido a que los procesos que altera eventualmente son distintos. Al respecto cabe señalar que aunque en los primeros apartados de este trabajo se hace referencia a la impulsividad y a la ansiedad como procesos o variables que afectan el riesgo, en el contexto de estos trabajos

se les considera como rasgos, en el sentido de que son atributos que se mantienen de forma relativamente constante en el comportamiento del organismo.

Impulsividad, ansiedad y búsqueda de novedad son constructos con diversos indicadores conductuales, algunos de los cuales correlacionan con las elecciones arriesgadas. Los hallazgos encontrados sobre cada uno de estos constructos se describirán a continuación.

Impulsividad

Experimentalmente el término impulsividad hace referencia en términos generales a un patrón de respuestas prematuras en contextos donde se requieren respuestas demoradas. Considerando esto se han reconocido por lo menos dos tipos de impulsividad: impulsividad de acción e impulsividad de elección. La primera hace referencia a impulsividad motora y se evalúa en contextos donde se requiere aprender a inhibir las respuestas, como tareas de tiempos de reacción y detención de señales ("stop signal"). La segunda hace referencia a la falta de habilidad para demorar la gratificación y se evalúa con procedimientos de descuento de demora (Yates et al. 2011).

Se ha considerado que la impulsividad puede está asociada a la propensión al riesgo por varias razones. La principal causa por la cual la impulsividad puede estar asociada al riesgo experimentalmente manipulado se deriva del hecho de que al ser el organismo incapaz de "tolerar la demora" de una opción constante que eventualmente será mayor que la de una opción de demora variable, este tenderá por lo tanto, a escoger la opción variable dado que esta puede entregar eventualmente el reforzador con demoras más cortas, es decir, el organismo tenderá a sobreestimar el valor de las demoras cortas sobre las demoras largas eligiendo por lo tanto el riesgo; esta idea ha sido sugerida por Mazur (2004). Si se consideran conductas arriesgadas de la vida cotidiana (promiscuidad, manejo imprudente entre otras), la impulsividad también se ha encontrado asociada al riesgo, por ejemplo, altos puntajes en impulsividad y búsqueda de novedad se han encontrado como predictores de juego patológico (Myrseth et al. 2009).

Otro mecanismo mediante el cual la impulsividad puede afectar la propensión al riesgo es la percepción de tiempo. Por ejemplo, Wittman y Paulus (2007) han sugerido que las alteraciones en la percepción del tiempo están implicadas en las elecciones arriesgadas experimentalmente manipuladas y las de la vida cotidiana, de modo que, los sujetos impulsivos tienden a sobrestimar los intervalos (percibir el tiempo de forma más lenta) asociados

a la ocurrencia de eventos reforzantes. Estos autores ofrecen evidencia proveniente de experimentos con fumadores, personas con trastorno por déficit de atención con hiperactividad y experimentos de estimación temporal. Adicionalmente se sugiere que incluso ciertos estados afectivos (tómese como ejemplo el trabajo de Yuen & Lee (2003) sobre el efecto del humor)[28] en la toma de decisiones) como la depresión y el aburrimiento pueden alterar la percepción del tiempo y a su vez afectar las decisiones. Al respecto el trabajo de Droit-Volet y Meck (2007) sobre las emociones y la percepción del tiempo argumenta en esta misma dirección.

Por lo tanto, la impulsividad también puede afectar el riesgo de forma similar a como lo hacen ciertos estados afectivos, es decir, alterando la percepción del tiempo. Así, en un procedimiento de sensibilidad al riesgo donde se manipule la demora del reforzador, si el sujeto es impulsivo tenderá a experimentar la demora de la opción constante de forma más lenta que un sujeto no impulsivo y puede tender a preferir en consecuencia la opción variable que eventualmente entrega el reforzador con demoras cortas.

Considerando los dos posibles mecanismos mediante los cuales la impulsividad puede afectar las decisiones, el efecto esperado de la impulsividad es por lo tanto la propensión al riesgo. Los experimentos que se describirán a continuación muestran en general este efecto y sugieren adicionalmente la presencia de otros mecanismos.

Franken, van Strien, Nijis y Muris (2008) evaluaron la relación entre impulsividad y riesgo usando varias tareas de elección con riesgo. Emplearon una muestra de 70 sujetos (20% hombres y 80% mujeres). A los sujetos se les aplicó una escala de impulsividad, una de afecto positivo y negativo y posteriormente pasaron a una tarea de elección denominada tarea de aprendizaje probabilístico por reversión ("probabilistic reversal-learning task"), otra denominada tarea de toma de decisiones Rogers y el IOWA.

Para establecer la clasificación con la escala de impulsividad se consideró un rango de puntuaciones de 0 a 17, donde los sujetos de baja impulsividad tuvieron un puntaje promedio de 2.3 (desviación estándar de 1.4) y los sujetos de alta impulsividad tuvieron un puntaje promedio de 9.5 (desviación estándar de 3.5). Sobre la escala de afecto positivo y negativo en el trabajo no se especifica cuál fue el criterio de clasificación.

[28] Aquí los autores están usando el término humor para hacer referencia a estados emocionales.

La tarea de Rogers consistió en 40 ensayos de dos opciones presentados aleatoriamente En este caso se aplicaron 3 condiciones. En la condición control una opción señalaba .5 de probabilidad de ganar 10 puntos y .5 de probabilidad de perder 10 puntos. En la condición experimental los ensayos variaron en relación a tres factores: probabilidad de ganar alta (.75) o baja (.25), ganancias posibles grandes (80 puntos) o pequeñas (20 puntos). El tercer factor estaba constituido por ensayos de todo o nada, donde los sujetos debían elegir entre 40 puntos garantizados o .5 de probabilidad de ganar 80. Los ensayos fueron administrados en contextos de pérdidas y en contextos de ganancias. En este caso se analizó la proporción de elecciones de la condición experimental sobre la condición control.

En el IOWA se presentaron 100 ensayos sucesivos donde elegir las barajas A y B es desventajoso al proporcionar eventuales ganancias inmediatas pero grandes pérdidas a largo plazo, mientras que elegir las barajas C y D era ventajoso al implicar ganancias modestas y consistentes con pocas pérdidas.

En la tarea de aprendizaje probabilístico se utilizaron estímulos para representar diferentes opciones. El estímulo positivo estuvo asociado a una proporción recompensa-castigo de 70:30 con un rango de ganancia de 80 a 250 y un rango de castigo de 10 a 60 puntos (opción ventajosa). El estímulo negativo estuvo asociado con una proporción recompensa-castigo 40:60, un rango de castigo de 250-600 y un rango de ganancia de 30 a 60. Los sujetos fueron expuestos a las opciones en ausencia de cualquier señal, después cada que los sujetos elegían 5 veces consecutivas una opción sus valores se revertían, es decir, el estímulo positivo pasaba a ser negativo y viceversa (no se describe el modo exacto en que se entregaban las ganancias y las pérdidas). En este caso la estrategia ventajosa sería cambiar después de largos periodos de pérdidas.

En este caso los resultados de interés fueron que los sujetos con mayores puntajes en impulsividad tuvieron una menor tasa de ganancias en el IOWA que los sujetos de baja impulsividad. En la tarea de Rogers los sujetos impulsivos tuvieron una menor latencia de elección pero no emitieron más elecciones arriesgadas en comparación con los sujetos de baja impulsividad. En el caso de la tarea de reversión, los sujetos con altos puntajes en impulsividad emitieron menos reversiones y una mayor permanencia después de largas pérdidas (estrategia desventajosa).

En este trabajo se sugiere que los posibles mecanismos implicados en el efecto de la impulsividad sobre la toma de decisiones son: pobre integración de la información relacionada con el refuerzo y el castigo, poca adaptación a los cambios en los estímulos asociados al reforzador y pobre control inhibitorio.

En otro trabajo, Penolazzi, Gremigni y Russo (2012) muestran el efecto de varios procesos y diferencias individuales sobre las elecciones arriesgadas. Ellos usaron 132 sujetos a los que se les aplicaron varias escalas para ser posteriormente expuestos a una tarea de elección. Las escalas utilizadas evaluaron: búsqueda de novedad, impulsividad, sensibilidad al reforzador y sensibilidad al castigo (en este caso el término sensibilidad se refiere al valor subjetivo que se le atribuye a los eventos reforzantes y castigantes). A la tarea de elección utilizada se le conoce como tarea de cartas de Columbia. En esta tarea los sujetos deben escoger entre 32 cartas cuyo resultado puede ser tanto pérdidas como ganancias. Existen dos versiones de la tarea, en la primera los sujetos pueden levantar cartas durante 24 ensayos (recibiendo retroalimentación sobre la cantidad ganada o perdida en cada ensayo) y decidir dejar la tarea en cualquier momento quedándose con los puntos acumulados. Los sujetos conocen por lo menos tres parámetros de la tarea; probabilidad de las pérdidas (número de cartas de pérdidas), cantidad de ganancias en las cartas y cantidad de pérdidas. En la segunda versión los sujetos eligen cuántas y cuáles cartas quieren levantar en un solo ensayo (recibiendo retroalimentación después de dicho ensayo). Los tres parámetros de la tarea se manipularon de modo: 1 y 3 cartas de pérdidas, 10 o 30 puntos para cartas de ganancias y 250 o 750 puntos para las caratas de pérdidas. Mientras más cartas destape el sujeto, más arriesgada se considera su conducta.

Los resultados mostraron que en general durante la primera versión de la tarea los sujetos destaparon más cartas que durante la segunda. En relación a los constructos analizados, los sujetos con mayores puntajes en el rasgo de búsqueda de novedad destaparon más cartas en comparación con los sujetos con menores puntajes (solo en la primera versión de la tarea), pero sin alcanzar una diferencia estadísticamente significativa. Los sujetos con mayores puntajes en impulsividad destaparon significativamente más cartas que los sujetos con puntajes menores (sólo durante la segunda versión de la tarea). Los sujetos con mayores puntajes en sensibilidad al reforzador destaparon significativamente más cartas durante la primera versión de la tarea que los sujetos con menores puntajes (ello al utilizar ganancias de 750 puntos). En el caso de la sensibilidad al castigo, se encontró que los sujetos con mayores puntajes destaparon significativamente menos cartas que los sujetos con menores puntajes en la segunda versión de la tarea al aumentar las pérdidas de 250 a 750, aunque en este caso la diferencia no fue estadísticamente significativa.

Este trabajo muestra el efecto de varios procesos conductuales evaluados de forma directa sobre la propensión al riesgo, sugiriendo que una mayor sensibilidad al reforzador puede provocar mayor propensión al

riesgo, una mayor sensibilidad al castigo puede provocar aversión al riesgo. De particular interés para este apartado se observa que a mayor impulsividad mayor propensión al riesgo.

Upton, Bishara, Ahn y Stout (2011) evaluaron la correlación entre el rasgo de impulsividad y las tareas del IOWA y el BART (Balloon Analogue Risk Task), para el estudio de la elección con riesgo. Emplearon una muestra de 98 sujetos, lo cuales completaron escalas de impulsividad, abuso de sustancias y CI antes de pasar a las tareas de elección. Para la clasificación del grupo de baja impulsividad se tomó el primer tercio de la distribución y para el grupo de alta impulsividad el último tercio. Dado que el IOWA ya se ha descrito en apartados anteriores solo es necesario señalar aquí los valores utilizados: los bloques de cartas A y B estuvieron asociados con un ganancia inmediata de un dólar y pérdidas con un rango de 1.5 y 12.5 (2.5 dólares perdidos por cada 10 elecciones), para los bloques C y D hubo una ganancia fija de .5 dólares y pérdidas con una rango de 1.5 a 12.5 (2.5 dólares de ganancias por cada 10 elecciones). Para la tarea BART (que ya sido explicada en apartados anteriores) se realizaron un total de 30 ensayos; los globos explotaron con una distribución al azar uniforme de 0 a 128 clicks, entregándose un centavo de dólar en cada click.

Los resultados mostraron que los sujetos con altos puntajes en impulsividad tuvieron menores puntajes en CI, así como mayor consumo de alcohol. Respecto a las pruebas de elección, se encontró que en el grupo de baja impulsividad las elecciones ventajosas emitidas en el IOWA correlacionaron con las elecciones ventajosas emitidas en el BART particularmente considerando las últimas sesiones del IOWA. Respecto al grupo alta impulsividad no existió correlación alguna entre las elecciones ventajosas y desventajosas en el IOWA y el BART. No hubo diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de elecciones ventajosas entre el grupo de alta y baja impulsividad.

Los resultados en este caso no sugieren una relación entre la impulsividad y la propensión al riesgo. No obstante, sugieren la idea de que déficits de aprendizaje pueden estar implicados en las elecciones de los sujetos impulsivos. Por otro lado, la correlación encontrada entre alta impulsividad y consumo de alcohol puede ser considerada como una relación entre impulsividad y conducta arriesgadas (considerando a las adicciones como conductas arriesgadas) tal como ha sido sugerido por otros trabajos (Anker, Perry, Gliddon & Carroll, 2009).

En conjunto la evidencia mostrada hasta aquí sugiere que la impulsividad medida con escalas en seres humanos correlaciona con la propensión al riesgo en varias tareas de elección. Este hecho confirma que las diferencias individuales en determinados procesos conductuales también pueden afectar la propensión al riesgo.

Otros procesos posiblemente implicados en la propensión al riesgo, tal como se muestra en el trabajo de Penolazzi et al. (2012) son la sensibilidad al reforzador y la sensibilidad al castigo.

Ansiedad

No existe una definición consensuada respecto al término ansiedad. Por ejemplo de Visser et al. (2010) afirma que "La ansiedad es una emoción adaptativa enfilada a la dirección adecuada de la respuesta individual hacia un posible estímulo o situación amenazante" (p.1598). En otro trabajo Mueller, Nguyen, Ray y Borkovek (2010) definen la ansiedad, del siguiente modo:

> "La ansiedad puede ser definida como una preocupación mental con eventos potencialmente negativos que pueden ocurrir en el futuro. De acuerdo con esta definición, hay tres importantes elementos de la ansiedad. Primero, la preocupación es asociada con eventos negativos que son, en términos de la teoría del aprendizaje, algún tipo de castigo u omisión del reforzador. Segundo, esos eventos negativos son hasta cierto punto impredecibles y entonces siguen un programa probabilístico como oposición a un programa determinista. Tercero, la preocupación está orientada hacia el futuro" (Mueller et al., 2010, p. 165).

Por lo tanto, por el modo en que se hace referencia a ella en los trabajos experimentales, puede entenderse en términos generales como una respuesta excesiva y desadaptativa (aunque en ocasiones adaptativa) hacia una posible amenaza futura (que puede ser un castigo o la omisión de un reforzador). Esta forma de respuesta puede presentarse en forma de un estado pasajero o como una condición relativamente permanente en el sujeto (esta distinción no ha sido por completo esclarecida en los procedimientos de elección donde se manipula la ansiedad). La ansiedad como rasgo, es decir, como condición relativamente permanente se ha explorado para observar sus efectos sobre las elecciones arriesgadas.

Dado que la ansiedad implica en términos generales una percepción incrementada de las amenazas futuras, se le ha asociado con una sensibilidad incrementada hacia las pérdidas y hacia el castigo. De modo que el efecto generalmente esperado de la ansiedad sobre las elecciones en situaciones de riesgo es la aversión al riesgo, sin embargo, como se mostrará este apartado, este efecto suele ser variable debido a que la ansiedad suele aparecer asociada a otros procesos alterados.

Maner et al. (2007) en una serie de tres estudios evaluaron los efectos de la ansiedad y otros procesos relacionados en la toma decisiones. En su primer estudio emplearon una muestra de 138 sujetos (39 hombres y 99 mujeres) a los que se les aplicó una escala de ansiedad social antes de pasar a la tarea de elección BART. En este caso los autores sólo especifican que se usaron 15 ensayos sin mencionar el resto de los valores empleados.

Los resultados del primer experimento mostraron que los sujetos con mayores puntajes en ansiedad emitieron menos elecciones arriesgadas en el BART.

En el segundo estudio se usaron 97 sujetos (23 hombres y 64 mujeres) a los que se les aplicó un inventario de ansiedad general, uno de preocupación y otro de afecto negativo. Para evaluar la propensión al riesgo se usó el BART igual que en el estudio 1.

Los resultados del segundo estudio mostraron que los sujetos con mayores puntajes en ansiedad emitieron menos elecciones arriesgadas en el IOWA. Lo mismo sucede con los sujetos con mayores puntajes en preocupación. La ejecución del BART no correlacionó con los puntajes de la escala de afecto negativo. Esto sugiere que el afecto negativo es un constructo independiente de la ansiedad.

En el estudio 3 se utilizaron sujetos con niveles de ansiedad clínicamente significativos (sujetos diagnosticados con ansiedad) y otros trastornos que se considera pueden aparecer asociados a la ansiedad (tres categorías de trastornos): desórdenes de ansiedad, desórdenes de ajuste con humor depresivo y trastornos del aprendizaje (un total de 63 sujetos considerando todas las categorías). Adicionalmente se incluyó una muestra de 119 sujetos sin trastornos (78 mujeres y 41 hombres) como grupo control. A los sujetos se les aplicó una mini-entrevista neuropsiquiátrica, una escala de impresión global y una escala de conductas arriesgadas (conductas arriesgadas en la vida cotidiana).

En este estudio se encontró que los sujetos del grupo de ansiedad clínica presentaron menores puntuaciones en la escala de riesgo en comparación con el grupo control, el grupo de desórdenes del humor y el grupo de trastornos de aprendizaje tuvieron puntuaciones similares.

Este trabajo muestra que la ansiedad puede aparecer asociada a la aversión al riesgo, aunque no es posible especificar el mecanismo responsable. Adicionalmente se muestra que el efecto es similar para pacientes con puntajes altos en la escala de preocupación.

De Visser et al (2010) estudiaron el efecto del rasgo de ansiedad en hombres y mujeres en procedimientos de elección. Ellos emplearon 65 hombres y 43 mujeres. Antes de pasar al procedimiento de elección, y una vez finalizado, a los sujetos se les extrajeron muestras de saliva para determinar los niveles de cortisol. Del mismo modo, antes de la aplicación de la tarea se les aplicó un inventario de ansiedad estado-rasgo (STAI); de dicho inventario se obtuvo una clasificación de ansiedad baja, media y alta.

Para la tarea de elección se usó el IOWA con los siguientes valores a lo largo de 100 ensayos: las barajas A y B entregaban 100 puntos con una pérdida de 250 puntos cada 10 cartas y las barajas C y D 50 puntos en donde la proporción de pérdidas lograba entregar 250 puntos cada 10 ensayos. Adicionalmente se aplicó la prueba de Wisconsin (tarea usada para evaluar funciones ejecutivas), que consiste en la presentación de 4 cartas con diferentes patrones que difieren en color, forma y cantidad. Los sujetos deben igualar una tarjeta objetivo con una de cartas presentadas de acuerdo a un criterio que determina lo correcto o incorrecto de la respuesta.

Los resultados mostraron que las mujeres tendieron a presentar mayores puntajes en la prueba de ansiedad estado-rasgo (solamente en los puntajes de ansiedad como rasgo[29]) en comparación con los hombres, estas diferencias alcanzaron significancia estadística en las categorías de ansiedad baja y media pero no en ansiedad alta. En la prueba del IOWA los hombres (considerando en conjunto las tres categorías de ansiedad: baja, media y alta) incrementaron más rápidamente su proporción de elecciones ventajosas en comparación con las mujeres. En el caso de los hombres, el grupo de ansiedad media tuvo una ejecución por encima de los grupos de alta y baja ansiedad. En el caso de las mujeres los grupos de ansiedad alta y media mostraron una ejecución bastante similar. Conforme avanzaba la tarea las mujeres del grupo de alta ansiedad continuaron eligiendo las cartas desventajosas. Los grupos de ansiedad media y baja comenzaron a escoger más las cartas ventajosas al final de la tarea, aunque sus ejecuciones no difieren significativamente entre sí.

Respecto a las ganancias obtenidas, las mujeres acumularon más puntos en las partes iniciales de la tarea mientras que los hombres acumularon más puntos en las partes finales. En el caso de los hombres el grupo de ansiedad media acumuló más ganancias en comparación con el grupo de ansiedad baja. En el caso de las mujeres

[29] Los puntajes asociados a la ansiedad como estado no fueron presentados en el trabajo, ya que estos no tuvieron efectos sobre la ejecución en el IOWA.

los tres grupos de ansiedad no mostraron diferencias en la cantidad de ganancias acumuladas. Sobre la tarea de Wisconsin ni la ansiedad ni el género tuvieron efectos significativos.

Este trabajo muestra que las diferencias individuales en ansiedad afectan la preferencia en un procedimiento de elección con riesgo y que dicho efecto depende del género. La ansiedad en este caso provocó una preferencia por la opción arriesgada y desventajosa. Por otro lado, las diferencias sexuales encontradas sugieren que la propensión al riesgo no sólo está mediada por diferencias individuales, sino por diferencias sexuales probablemente atribuibles a causas hormonales (para una revisión sobre diferencias sexuales en la ejecución del IOWA y sus posibles explicaciones véase van den Bos, Homberg & de Visser, 2013). Cabe señalar que el efecto de las diferencias sexuales donde lo machos eligen una mayor proporción de elecciones ventajosas también ha sido encontrado en ratas con una adaptación del IOWA para ratas, aunque sin analizar el rasgo de ansiedad (van den Bos, Jolles, van der Knaap, Baars & de Vissier, 2012).

Esto hallazgos han mostrado que la ansiedad puedes estar asociada con la aversión al riesgo y con elecciones desventajosas en el IOWA. No obstante, también existe evidencia de que la ansiedad puede estar asociada a elecciones ventajosas, por ejemplo, Mueller et al. (2009) analizaron el efecto de la ansiedad generalizada sobre la preferencia en el IOWA. Para su trabajo se emplearon 23 sujetos diagnosticados de trastorno de ansiedad generalizada (23 mujeres y 4 hombres) y un grupo control de 20 sujetos (12 mujeres y 8 hombres) que fueron expuestos a varias versiones del IOWA. Los sujetos fueron clasificados como ansiosos en base a un cuestionario de desórdenes de ansiedad generalizada (GADQ-IV) basado en DSM-IV-TR. Para la tarea del IOWA se emplearon los siguientes valores: para la versión estándar los bloques A y B proporcionaban una ganancia de 100 puntos con pérdidas de 1250 por cada 10 ensayos, y los bloques C y D de 50 puntos con pérdidas de 250 por cada 10 ensayos. En la versión modificada las opciones desventajosas G y H tenían una pérdida constante de 50 y una ganancia total de 250 por cada 10 ensayos, mientras que los bloques ventajosos E y F tuvieron pérdidas constantes de 100 y ganancias totales de 1250 por cada 10 ensayos (la diferencia con la versión estándar se encuentra en que la opción ventajosa a largo plazo está asociada con pérdidas grandes y constantes a corto plazo). Para cada versión se administraron 100 ensayos separados por 5 bloques de 20 y el orden de administración fue contrabalanceado para el grupo de ansiedad y el grupo control.

Los resultados mostraron que durante el primer bloque el grupo de ansiedad generalizada no difirió del grupo control en ambas versiones de la tarea. A partir del segundo bloque las ejecuciones comenzaron a

diferenciarse, de modo que el grupo de ansiedad generalizada mostró una mayor proporción de elecciones ventajosas, ello promediando ambas versiones del IOWA. Adicionalmente se encontró que la tasa de aprendizaje (proporción de elecciones ventajosas por bloque) fue mayor durante la versión modificada del IOWA.

Los autores concluyeron que la ansiedad, al aumentar la preocupación respecto a las consecuencias futuras, provoca en los sujetos una tendencia a la maximización de las ganancias en una tarea donde la opción no arriesgada tiende más a la maximización que la opción arriesgada.

Los trabajos sobre los efectos de la ansiedad (al igual que los trabajos sobre impulsividad y decisiones) se han realizado principalmente en humanos. No obstante, existen por lo menos dos trabajos con ratas que han analizado indirectamente los efectos de la ansiedad sobre la toma de decisiones. Rivalan, Ahmed y Hagedorn (2009) estudiaron el efecto diferencias individuales en ratas sobre su preferencia en la tarea IOWA adaptada para ratas. Ellos emplearon 158 ratas macho inicialmente privadas al 95%, las ratas pasaron por diferentes procedimientos para establecer la correlación entre los mismos (la distribución de los sujetos a lo largo de los procedimientos no se especifica en el artículo). Aunque no todos los procedimientos empleados en este trabajo tienen que ver con los efectos de la ansiedad en la propensión al riesgo, si serán descritos debido a su relevancia para el apartado de búsqueda de novedad y para el trabajo en general.

El instrumento utilizado consistió en una caja dividida en dos extremos, en el primero extremo se entregaba el reforzador y en el segundo extremo se localizaron 4 *nouse-pokes*. Antes de pasar al procedimiento de elección las ratas pasaron por una fase de moldeamiento donde las ratas aprendieron a escoger alguna de las 4 opciones para obtener pellets mediante presiones de nariz (nouse-pokes).

Un grupo de ratas fue expuesto a un procedimiento de control de sensibilidad a las pérdidas. De modo que elegir las opciones A y B implicaba la entrega de un pellet de forma inmediata, pero elegir esas opciones podía ir seguido de un castigo probabilístico (un tiempo fuera). Los castigos fueron programados con probabilidades bajas para las opciones B y C (0.25) y con probabilidades altas para las opciones A y D (0.5). Las ganancias para las opciones C y D fueron 10 veces mayores que para las opciones A y B.

Un segundo grupo de 57 ratas fue expuesto a un procedimiento de elección con estas mismas características excepto por el hecho de que las ganancias de las opciones C y D fueron 5 veces mayores que para las opciones A y B (versión estándar del IOWA que consistió en una sola sesión).

Un tercer grupo de 15 ratas fue expuesto a este procedimiento de elección 4 veces con intervalos de 2.5, 4, 6 y 9 meses.

Un cuarto grupo fue expuesto al procedimiento de elección variando el grado de privación con niveles de 95, 90% y 80% (14, 14 y 12 ratas consecutivamente para cada nivel).

Un quinto grupo fue expuesto a una condición donde se incrementó la dificultad de la tarea. Para manipular la dificultad se disminuyó la proporción de ganancias entre las opciones ventajosas y desventajosas. Este grupo se comparó con la condición estándar.

Finalmente, un sexto grupo de 28 ratas fue expuesto a una condición de entrenamiento con dos días consecutivos de exposición a las opciones ventajosas y desventajosas alternadamente. Posteriormente los animales fueron expuestos a la tarea estándar del IOWA.

En base a la ejecución de las ratas en la versión estándar del IOWA (porcentaje de elecciones ventajosas) las ratas fueron clasificadas en buenas, intermedias y malas para escoger. De esta clasificación se tomaron las ratas malas (9 ratas) y buenas (7 ratas) y se expusieron a un procedimiento que cuantifica motivación por el reforzador. Este procedimiento consistió en 10 ensayos diarios en un laberinto recto con reforzador, en donde la velocidad de llegada a la meta se toma como medida de motivación.

Otro grupo de ratas malas (6 ratas) y buenas (10 ratas) se expuso a un programa de razón progresiva. Primero las ratas pasaron por un RF 1, después un RF 2 y finalmente un programa de razón progresiva PR3. El valor de la última razón completada fue tomado como medida de motivación.

Otro grupo de ratas buenas (20 sujetos) y malas (7 sujetos) fue expuesto a un procedimiento de luz-oscuridad. En este procedimiento las ratas son colocadas en un compartimiento dividido en dos (uno es oscuro y el otro está iluminado), en donde uno de los compartimientos está bloqueado. Al colocar a la rata en el compartimiento oscuro y quitar el bloque que impide el acceso al otro compartimiento, se mide la latencia de traslado hacia el compartimiento iluminado. A menor latencia la conducta se considera más arriesgada.

Un grupo de ratas buenas (12 ratas) y malas (8 ratas) fue expuesto a la prueba del laberinto elevado. En dicha prueba las ratas son colocadas en la parte central de un laberinto elevado de 4 brazos, donde dos no tienen paredes (brazos abiertos) y dos si las tienen (brazos cerrados). Las ratas pueden explorar por 5 minutos cualquiera

de los brazos, y se consideran como indicadores de riesgo la latencia de aproximación hacia los brazos abiertos y el tiempo de exploración de los brazos abiertos. Es necesario señalar que esta prueba también se usa como un indicador de ansiedad, considerándose más ansiosas las ratas que exploran menos los brazos abiertos.

La prueba de sensibilidad al castigo mostró que las ratas desarrollaron una preferencia por las opciones ventajosas.

Respecto a la versión estándar del IOWA (segundo grupo) al final de la sesión el 58% de las ratas fueron clasificadas como buenas para elegir, el 25% como malas y el 17% como intermedias (ratas que no mostraron preferencia definida por ninguna de las opciones). Al evaluar repetidamente la ejecución de las ratas (grupo 3) se encontró que esta se mantuvo estable por al menos 6.5 meses.

Respecto a los efectos del grado de privación (grupo 4) se encontró que la preferencia fue la misma independientemente del grado de privación. De modo, que las ratas buenas y malas mantuvieron sus preferencias sin importar el grado de privación utilizado. Al incrementar la dificultad de la tarea (grupo 5) se encontró que las preferencias se mantenían igual, el único efecto encontrado fue que al disminuir la diferencia entre las opciones ventajosas y desventajosas las ratas buenas tendieron a aumentar su latencia de elección. En relación al grupo 6, el incremento en el nivel de entrenamiento (la exposición previa a las opciones) tampoco modificó la preferencia de las ratas buenas y malas; en el caso de estas últimas sólo retardo un poco la preferencia por las opciones desventajosas.

Al establecer la relación entre la ejecución del IOWA y las medidas de motivación utilizadas se encontró que las ratas malas para escoger corrían más rápido en la prueba del laberinto recto en comparación con las ratas buenas para escoger. En el caso del programa de razón progresiva las ratas malas cumplieron más razones que las ratas buenas. En la prueba de luz oscuridad las ratas malas tuvieron una menor latencia de traslado hacia el compartimiento iluminado y en el caso de la prueba del laberinto elevado ratas malas y buenas visitaron y permanecieron en los brazos abiertos del laberinto aproximadamente con la misma frecuencia y tiempo; sin embargo, las ratas malas exploraron más las puntas de los brazos abiertos en comparación con las ratas buenas.

Considerando en conjunto estos resultados, este trabajo muestra que la preferencia por opciones arriesgadas y desventajosas en ratas, puede venir determinada por diferencias individuales asociadas a procesos conductuales como la sensibilidad al reforzador, la ansiedad, el aprendizaje y la motivación. Por otro lado, este

trabajo muestra también que el efecto de esas diferencias se mantiene estable sobre la preferencia incluso con re-exposición a la tarea después de varios meses.

Adicionalmente se observa que las diferencias individuales tienen un mayor efecto incluso que el grado de privación, siendo ésta la variable más exploradas por el modelo del presupuesto de energía. Este hallazgo sugiere en consecuencia, que diferencias individuales en procesos conductuales alteran la propensión al riesgo aun con la manipulación de otras variables como el grado de privación. Esta idea de que las decisiones son genéticamente determinadas ya ha sido sugerida por una rama de la economía denominada neuroeconomía (RamsØy & Skov, 2010).

En otro trabajo de de Visser et al. (2011a) estudiaron la asociación entre la conducta arriesgada y la propensión al riesgo durante el IOWA para ratas. Se usaron 25 machos que fueron expuestos primero a la prueba del laberinto elevado y después una adaptación del IOWA. La prueba del laberinto fue igual que en el trabajo de Rivalan et al. (2009), pero en este caso se registraron adicionalmente las conductas de lavado de cabeza (se ha considerado indicador de ansiedad), pararse en dos patas y la exploración de la parte final de los brazos.

Para la prueba del IOWA se usó un laberinto radial de 4 brazos que variaba en la cantidad y la calidad de los pellets que se entregaban en cada brazo. En los brazos llenos (2) se podían obtener pellets de sucrosa o pellets de quinina (estos últimos equivalentes a consecuencias aversivas), los otros dos brazos no contenían pellets (estos dos brazos se usaron para medir conducta exploratoria). Los dos brazos llenos consistieron en uno bueno y otro malo, en el primero (ventajoso a largo plazo) las ratas recibían reforzadores pequeños frecuentes (pellets de sucrosa en 8 de 10 ensayos) e infrecuentes consecuencias aversivas (pellets de quinina en 2 de 10 ensayos) y en el segundo (desventajoso a largo plazo) las ratas recibían reforzadores grandes pero infrecuentes (3 pellets en 1 de cada 10 ensayos) y consecuencias avesivas frecuentes (tres pellets de quinina en 1 de cada 10 ensayos). La posición de los brazos buenos y malos se contrabalanceó entre sujetos. Al inicio de cada ensayo la rata pudo escoger entre cualquiera de los brazos. Cada ensayo tuvo una duración máxima de 6 minutos. Se administraron 120 ensayos durante 10 días. Se registró la cantidad de elecciones ventajosas y desventajosas, la cantidad de pellets de sucrosa y quinina ganados, así como la cantidad de cambios al ganar y al perder. Adicionalmente se analizó la ejecución por bloques para obtener una tasa de aprendizaje.

Después de finalizar la prueba de elección las ratas fueron clasificadas como buenas y malas para escoger en base a la distribución media de sus elecciones ventajosas; posteriormente fueron decapitadas para realizar

estudios de inmunoquímica (dada la finalidad de este trabajo los resultados de dichos estudios no serán expuestos).

Al correlacionar la prueba del laberinto elevado con la ejecución durante el IOWA, se encontró que la cantidad de tiempo invertido en los brazos abiertos correlacionaba positivamente con la cantidad de elecciones ventajosas en las sesiones finales. El número de entradas a los brazos cerrados (medida de actividad general) no correlacionó con la ejecución durante el IOWA. La conducta de limpiarse la cabeza correlacionó negativamente con las elecciones ventajosas.

Al clasificar a las ratas como buenas y malas para escoger en base a la distribución media, las ratas buenas tuvieron en promedio una probabilidad de .87 de escoger la opción ventajosa durante la última sesión, mientras que las ratas malas tuvieron en promedio una probabilidad de .5. Las ratas buenas tendieron a tener bajos niveles de ansiedad (mayor tiempo invertido en brazos abiertos) y a la inversa con las ratas malas. A su vez las ratas buenas tuvieron una mayor tasa de aprendizaje en comparación con las ratas malas. En relación a los cambios después de ganar y perder se encontró que las ratas buenas mostraron más ganar-permanecer (*win-stay*) y menos perder cambiar (*lose-shif*) a lo largo de los ensayos en comparación con las ratas malas. Estas últimas no mostraron cambios en esos parámetros durante los ensayos.

Este trabajo muestra que la ansiedad aparece asociada a elecciones desventajosas y arriesgadas. Nótese que el hallazgo contradice lo encontrado en el trabajo de Rivalan et al. (2009) donde las ratas buenas y malas exploraron en una proporción similar los brazos abiertos y cerrados del laberinto elevado, lo cual es un indicador de lo relativamente inconsistente que es la relación entre ansiedad y propensión al riesgo. No obstante, es necesario notar que en al trabajo de de Visser et al. (2011a) las ratas primero fueron expuestas al laberinto elevado y después clasificadas como malas y buenas, mientras que en el trabajo de Rivalan et al. (2009) se sigue el orden inverso.

En términos generales la ansiedad puede provocar efectos extremadamente opuestos: aversión o propensión al riesgo. Por una lado, la en humanos la ansiedad puede tender a maximizar las ganancias al preferir el sujeto la opción ventajosa y menos arriesgada, mientras que en ratas la ansiedad parece alterar el modo en que aprenden sobre las consecuencias de las opciones (por ejemplo en este último trabajo las ratas ansiosas tuvieron una menor tasa de aprendizaje y patrones de ganar-permanecer y perder-cambiar no se modificaron a lo largo de las sesiones), de modo que parece plausible que niveles extremos de ansiedad provoquen falta de “flexibilidad

conductual" en términos de exploración o alternación entre alternativas. Por otro lado, considerando los hallazgos encontrados con humanos es probable que se requieran niveles medios de ansiedad para poder aprender sobre las consecuencias de las opciones y maximizar las ganancias en procedimientos de elección. No obstante esta correlación tampoco es clara considerando los hallazgos de de Visser et al. (2010) en relación a la ejecución de las mujeres en las diferentes categorías de ansiedad. Por lo tanto, el rasgo de ansiedad parece no poder hacer predicciones consistentes en cuanto a la propensión, aversión o indiferencia al riesgo.

Novedad, búsqueda de novedad y riesgo

Siendo que el modelo de búsqueda de novedad es el que se empleó en este trabajo, se expondrá una descripción relativamente más detallada de lo que es la novedad, el rasgo de búsqueda de novedad y su relación con el riesgo. Dentro de la descripción se mostrará que la novedad como propiedad de los estímulos y como rasgo puede afectar la preferencia en procedimientos de elección con riesgo.

Antes de que comenzaran a desarrollarse definiciones sobre novedad y métodos para estudiarla los efectos de la novedad eran esbozados en términos de sus características reforzantes, de modo que en general se ha reconocido que uno de los principales efectos de la novedad es el de ser preferida sobre otros estímulos bajo determinadas condiciones. Adicionalmente, junto al valor reforzante de la novedad se reconoce eventualmente un impulso o necesidad de buscar estimulación novedosa.

No existe una definición consensuada sobre lo que es la novedad. Como punto de partida es posible señalar por lo menos dos definiciones. De acuerdo con Witt (2009) *"*novedad es algo que fue desconocido antes de un particular punto en el tiempo y que, ahora, es descubierto o creado en ese punto en el tiempo*"* (p. 312). La novedad de acuerdo con Bevins (2001) puede ser definida como "desviación de la probabilidad esperada de un evento en base a la información previa y las estimaciones internas de probabilidades condicionales" (p. 190).

Aunque ninguna de las dos definiciones abarca todas las formas en que la novedad puede manifestarse, ambas definiciones hablan de formas diferentes de manipular la novedad. La primera definición alude a una característica temporal y la segunda habla de la desviación respecto a lo esperado (característica que puede ser denominada "sorpresividad").

En ausencia de una definición completamente consensuada de novedad, y para los fines de este trabajo, se asumirá que la novedad posee ciertas características que pueden afectar la conducta de forma aislada o en conjunto. Partiendo de la postura de Berlyne (1960) es posible atribuir a la novedad las siguientes propiedades: cambio, sorpresividad, incongruencia, complejidad e incertidumbre. En este contexto cambio se refiere en términos generales a los movimientos del estímulo mientras está siendo presentado (por ejemplo una luz parpadeando será novedosa respecto a una luz fija). La "sorpresividad" se refiere a las ocasiones en las que el estímulo difiere de lo esperado, asumiendo la existencia de una expectativa en el organismo. La incongruencia (la distinción entre incongruencia y "sorpresividad" no es completamente clara tal como el propio autor lo admite) hace referencia a un patrón de estímulos que contradice las expectativas de la experiencia pasada completa. La complejidad puede referirse al número de elementos que conforman un estímulo y la disimilitud entre los mismos, de modo que entre mayor número de elementos y mayor disimilitud entre los mismos, habrá mayor complejidad. La incertidumbre hace referencia en términos muy generales al grado de imprecisión con el que se desconoce un sistema de valores aleatorios. Para cualquiera de las propiedades mencionadas eventualmente se requerirá un parámetro temporal para tener un punto de comparación (por ejemplo, la experiencia previa del sujeto o las características del estímulo presentado en el ensayo previo) para determinar si un estímulo es novedoso y en qué grado lo es.

La novedad con las propiedades que han sido descritas puede afectar la conducta con diferentes manifestaciones, por ejemplo, la novedad puede provocar que un estímulo visual sea preferido sobre otro, que un sitio sea preferido sobre otro, puede provocar que una opción sea preferida sobre otra, puede inducir a mayor activación motriz y conducta exploratoria entre otros efectos.

Varios trabajos experimentales han mostrado los efectos reforzantes de la novedad en la conducta. Por ejemplo, en ratas la introducción de un objeto novedoso aumenta la cantidad de exploración en el compartimiento donde se encuentra dicho objeto (Berlyne, 1955), las ratas prefieren explorar el compartimiento más amplio y complejo anexado a un laberinto "Y" (Montgomery, 1954). También se ha encontrado que las ratas en ausencia de reforzamiento apetitivo presionan la palanca para obtener patrones de luces y figuras cambiantes y que la tasa de respuesta es relativamente mayor cuando los patrones son más complejos[30] (Barnes & Baron,

[30] La novedad ha sido consistentemente asociada teórica y experimentalmente con la complejidad, para exposición más detallada de este punto véase el trabajo de Stang (1977).

1961), aunque cabe señalar que también se han encontrada resultados opuestos en los que la complejidad o la aleatoriedad no son preferidas (Karmel, 1996).

Si se consideran las propiedades de cambio, sorpresividad e incertidumbre presentes en la novedad, es posible notar que bajo ciertas condiciones una opción arriesgada puede poseer una, varias o todas esas características. Supóngase el caso de una opción que entrega el reforzador siempre con la misma demora y otra que lo entrega con demoras diferentes y aleatorias en cada ensayo, visto de ese modo, sorpresividad y cambio pueden estar implicadas en la opción arriesgada. Por lo tanto, es posible suponer que la novedad puede "atraer" la preferencia por sus efectos reforzantes independientemente del resultado de la opción con la que ha sido asociada, y por otro lado, puede afectar la preferencia al estar presentes algunas de sus propiedades en la manipulación de la variabilidad usada en la opción arriesgada.

Así, considerando que la novedad como propiedad de los estímulos tiene un efecto reforzante y que ciertas características de la novedad pueden estar presentes en las opciones arriesgadas, el efecto de la novedad en los procedimientos puede resultar en la preferencia hacia aquella opción que esté apareada con la estimulación novedosa. La evidencia empírica muestra un efecto en esa dirección. Por ejemplo, Wittman, Daw, Seymour y Dolan (2008) utilizaron un procedimiento de elección con imágenes para evaluar el efecto de la introducción de una opción novedosa. Ellos emplearon 20 personas que fueron expuestas a la presentación de 4 imágenes simultáneas (opciones). En la primera fase del experimento (familiarización) los sujetos fueron expuestos a 32 imágenes expuestas de forma aleatoria. Durante la fase de escaneo y elección los sujetos fueron expuestos inicialmente a las mismas imágenes usadas durante la fase de familiarización, en este caso se usaron 3 sesiones con 100 ensayos cada una. Al elegir una imagen el resultado era la entrega de 0 o 1 euro dependiendo de la probabilidad asociada a la opción; a cada opción se le asignó una probabilidad aleatoria de entregar al reforzador con un valor promedio de .33 (no se especifica más al respecto); esta probabilidad permaneció constante en todos los ensayos. Cada imagen se repitió un promedio de 20 ensayos y su posición fue aleatorizada en cada ensayo. En el 20% de los ensayos se introdujo una imagen nunca antes experimentada con la misma probabilidad de ganancia aleatoria. Se observó la preferencia por las opciones novedosas sobre las opciones familiares.

Para el análisis de la preferencia se empleó un modelo que pretende especificar las elecciones ensayo a ensayo de los sujetos. El modelo utiliza parámetros para dar cuenta de las elecciones ensayo a ensayo en relación

al valor que los sujetos atribuyen a las opciones, asumiendo valores iniciales que posteriormente se actualizan en base a las elecciones del sujeto. Durante las elecciones se realizó a los sujeto un estudio de neuroimagen que permitió observar las áreas del cerebro que se activaban durante sus elecciones. Adicionalmente se aplicó a los sujetos una escala de propensión a la novedad.

Los resultados mostraron que la novedad incrementó la exploración, lo cual fue evidenciado por el mayor valor atribuido a las opciones novedosas sobre las opciones familiares, específicamente cuando fueron recientemente introducidas; sobre este efecto existieron diferencias individuales. Respecto a los resultados de neuroimagen se encontró que los sujetos que mostraron mayor preferencia por la novedad tuvieron también una mayor activación en el cuerpo estriado ventral derecho en comparación con los sujetos que tuvieron una menor preferencia por la novedad. Al correlacionar la escala de propensión a la novedad se encontró que los sujetos con mayores puntajes mostraron también mayor activación en el estriado ventral derecho.

Los resultados fueron discutidos por los autores en términos del efecto reforzante de la novedad, argumentado que la novedad y el reforzamiento comparten vías neuronales mesolímbicas, lo cual puede parcialmente dar cuenta de los resultados; a partir de este argumento es posible concluir que la exploración de estímulos u opciones con propiedades novedosas puede compartir propiedades con el reforzamiento.

Este trabajo muestra que la novedad manipulada por la introducción de imágenes que no habían sido experimentadas puede sesgar la preferencia en un procedimiento de elección con riesgo, y este efecto se observa tanto en medidas conductuales como neurológicas y se corresponde con el resultado de la escala de propensión a la novedad. Esto sugiere que la novedad puede tener efectos a nivel conductual y neurológico, y que dicho efecto puede ser mediado por diferencias individuales. Cabe señalar que en este caso no puede hablarse estrictamente de una preferencia hacia opciones variables sobre opciones constantes, ya que todas las opciones fueron variables. No obstante, sí puede afirmarse que la novedad incrementó la preferencia por opciones con resultado variable previamente experimentadas. Es necesario notar además que la introducción inicial de opciones novedosas sin información de la probabilidad de reforzamiento asociada a ellas, implica la intervención de cierto grado de incertidumbre, lo cual sugiere que la preferencia hacia opciones novedosas puede involucrar preferencia por la novedad y por la incertidumbre.

En otro trabajo Daw, D.O'Doherty, Dayan, Seymour & Dolan (2006) evaluaron el efecto de introducir opciones desconocidas en un procedimiento de elección con riesgo. Expusieron a 14 personas a opciones con

forma de máquinas traga monedas en un pantalla. Se administraron 2 sesiones de 150 ensayos de elección cada una. El pago obtenido por escoger una opción en un tiempo determinado fue de 1 a 100 en base a una distribución gaussiana con una desviación estándar de 4 alrededor de un promedio que varió temporalmente (μ_{it}). En cada segmento temporal el promedio de ganancias fue seleccionado aleatoriamente en base a una función de decaimiento donde el punto central fue 50. El pago para cada máquina fue independiente del de las otras. Durante cada elección la máquina mostró la ganancia obtenida durante ese ensayo, posteriormente la pantalla quedaba en blanco e iniciaba otro ensayo con las 4 máquinas disponibles. Se observó la preferencia hacia las máquinas cuyo resultado se desconocía en relación a aquellas cuyo resultado se conocía. A los sujetos se les administró al final de la tarea un cuestionario para describir la estrategia de elección utilizada.

Para analizar la preferencia se empleó un modelo estadístico que incluía parámetros que describían las estrategias de exploración y explotación. Adicionalmente se aplicó durante las elecciones una técnica de neuroimagen para determinar qué áreas se activaban durante las elecciones.

Los sujetos reportaron elegir eventualmente las opciones con mayor valor esperado y las opciones desconocidas, siendo el parámetro de exploración el que mejor se ajustó a los datos, es decir, los sujetos tendieron a emitir decisiones exploratorias sub-óptimas en base al valor esperado más que en base a una tendencia a la maximización. Respecto a los resultados de neuroimagen se encontró que durante las elecciones exploratorias hubo activación del cortex frontopolar anterior derecho y en el surco intraparietal derecho, este último aparentemente implicado en la toma de decisiones en animales y humanos.

Una vez más este estudio muestra que las opciones desconocidas pueden provocar un sesgo en la preferencia. De este modo, la incertidumbre como propiedad de la novedad también puede estar presente en las elecciones arriesgadas. Por otro lado, las correlaciones encontradas con la técnica de neuroimagen, entre la activación de áreas del cerebro mencionadas y las elecciones exploratorias sugieren que la exploración puede ser un componente de la toma de decisiones en seres humanos y animales. Al igual que en el trabajo de Wittman et al. (2008) todas las opciones fueron variables, de modo que el efecto encontrado de la exploración se puede entender como un incremento en la preferencia por las opciones variables en el resultado (debido a sus propiedades novedosas) sobre otras opciones que también fueron variables en el resultado (pero sin propiedades novedosas).

No existe evidencia directa respecto al efecto de la introducción de opciones con propiedades novedosas en procedimientos de sensibilidad al riesgo. No obstante, estos dos trabajos sugieren que la novedad (o por lo menos ciertas propiedades de la misma) pueden tener efectos en la preferencia por opciones variables, lo cual apunta a la relevancia de incluir opciones novedosas en estos procedimientos como medio para encontrar otras variables implicadas.

Otra forma en que la novedad puede afectar la propensión al riesgo es mediante la búsqueda de novedad como rasgo[31]. Este mecanismo no es completamente independiente del anteriormente planteado, es decir, dado que la búsqueda de novedad es un rasgo que varía entre individuos, los efectos de la estimulación novedosa (ya sean sus efectos reforzantes o los de sus propiedades) pueden depender de que tan propensos o aversivos sean los sujetos a la exploración y a la novedad.

El estudio de la búsqueda de novedad, referido en la literatura como *novelty-seeking* implica la utilización de procedimientos que permitan establecer diferencias individuales en conductas como: exploración, latencia de aproximación a objetos novedosos, aproximación hacia objetos novedosos y elección de lugares novedosos, entre otras conductas (para una revisión sobre los procedimientos en búsqueda de novedad y las marcadores conductuales usados, véase Hughes, 2007), sobre estas diferencias entre sujetos se establece la clasificación de alta (*high rate* o HR) y baja propensión (*low rate* o LR) a la novedad. Posteriormente, típicamente se somete a los sujetos clasificados a pruebas conductuales que permiten observar si difieren en su ejecución y que evalúan otros procesos, tales como ansiedad o impulsividad. De este modo se establecen correlaciones entre procesos. En el caso de los humanos, usualmente se aplica una escala que mida el rasgo de búsqueda de novedad y posteriormente los sujetos clasificados son expuestos a otras tareas o se les administran otras escalas para establecer correlaciones entre procesos conductuales. Adicionalmente se ha estudiado la relación entre el rasgo de búsqueda de novedad en humanos (referido en ocasiones como *sensation-seeking*) y el rasgo de búsqueda de novedad en animales (mayoritariamente ratas) encontrando que el rasgo de búsqueda de novedad en animales

[31] En el contexto de este trabajo la palabra rasgo se está utilizando en un sentido general para referirse a una característica fenotípica que permite predecir el comportamiento de los sujetos (o de una proporción de ellos) en diversas situaciones experimentales. No se abordan aquí los problemas asociados con la utilización del término rasgo y su relación con alguna teoría de la personalidad, porque el trabajo está enfocado a la posible relación entre riesgo y novedad. Si el lector desea introducirse en la discusión respecto al término rasgo, puede consultar el trabajo de Pervin (1994) que consiste en una revisión crítica sobre la argumentación teórica y la evidencia empírica que sustenta el concepto de rasgo.

puede modelar varias conductas del mismo rasgo en humanos (considérese como ejemplo la revisión de Pawlak, Ho & Schwarting, 2008, así como la revisión de Blanchard, Mendelson & Stamp, 2009).

Tal como se mostrará en este apartado, el estudio de la búsqueda de novedad es relevante para el estudio del riesgo debido a que empíricamente se ha encontrado una relación entre la búsqueda de novedad y el riesgo experimentalmente manipulado en humanos (Roussos, Giakoumaki & Bitsos, 2009). Además, se ha encontrado que varios procesos conductuales[32] que correlacionan con la búsqueda de novedad pueden modelar procesos alterados como la impulsividad (Flagel et al. 2010) y el estrés (Duclot, Hollis, Darcy & Kabbaj, 2011), mismos que como se ha mostrado en apartados anteriores, intervienen en la propensión al riesgo.

Para comprender la relación entre riesgo y búsqueda de novedad, así como los procesos conductuales que intervienen en dicha relación, primero se expondrán algunos hallazgos empírico en relación a la búsqueda de novedad y las adicciones, y posteriormente se describirá la evidencia en relación a la búsqueda de novedad y los procesos alterados asociados a ella. Al final se describirá la evidencia que demuestra la relación directa entre búsqueda de novedad y riesgo en seres humanos. Este orden de descripción es adoptado debido al hecho de que el estudio de la búsqueda novedad como rasgo no es un campo de estudio unificado, en el sentido de que modela[33] manifestaciones conductuales que pertenecen a campos de estudio relativamente independientes como: farmacología conductual, personalidad, adicciones y rasgos hereditarios entre otros.

Una de las conductas más estudiadas con el modelo de novelty seeking ha sido la conducta adictiva. Al respecto se ha encontrado que las ratas HR tienden a auto-administrarse más consistentemente ciertas drogas en

[32] El término proceso conductual está siendo utilizado aquí como un constructo hipotético relacionado con determinados fenómenos conductuales con los cuales se asume una correlación empírica por lo menos parcialmente demostrada, dichos procesos incluyen fenómenos conductuales como: impulsividad, ansiedad, estrés, estimación temporal, sensibilidad al reforzador, alternación espontánea, entre otros. Esta aproximación ya ha sido utilizada en estudios sobre genética, diferencias individuales y rasgos hereditarios (véase, Hariri, 2009)

[33] De acuerdo con Godfrey-Smith (2006): "La ciencia basada en modelos es fundamentalmente una estrategia de representación indirecta del mundo" (p. 730). El término modelo y todo lo referente a modelar, se emplean aquí en su sentido más general como una representación indirecta del mundo real que permite describirlo y entenderlo. Así, los modelos animales aquí mencionados son representaciones indirectas del comportamiento humano o de ciertos componentes del comportamiento humano. No se está omitiendo el hecho de que existe una discusión filosófica respecto a lo que es un modelo, los tipos de modelos, el modo en que funcionan etc. Sin embargo, dicha discusión sobrepasa los límites de este trabajo.

comparación con las ratas LR. Aunque la conducta adictiva no se encuentra directamente relacionada con el riesgo en ratas en humanos si se le ha considerado una manifestación de conducta arriesgada, en el sentido de que la conducta adictiva tiene consecuencias arriesgadas y suele correlacionar con procesos implicados con el riesgo como la impulsividad. Además los experimentos que correlacionan la búsqueda de novedad en ratas pueden ilustrar otros procesos de aprendizaje alterados relevantes para el estudio del riesgo.

Cain, Smith y Bardo (2004), estudiaron la correlación entre varias pruebas de búsqueda de novedad y la auto-administración de anfetamina en ausencia y presencia de estimulación novedosa. Tres grupos de ratas macho fueron expuestos a tres pruebas de novedad: novedad inescapable, preferencia de lugar y la prueba del objeto novedoso.

La prueba de novedad inescapable consistió en colocar a la rata en un campo circular por 30 minutos midiendo el tiempo que invierten explorando. La clasificación LR/HR se estableció tomando el punto medio de la distribución.

En la prueba de preferencia de lugar, las ratas son colocadas en uno de dos compartimientos durante 30 minutos por dos días consecutivos (uno de ellos gris y el otro blanco), en el tercer día se le permite libre acceso al otro compartimiento durante 15 minutos y se registra el tiempo invertido en el compartimiento “nuevo” respecto al compartimiento de habituación, tomándose el punto medio de la distribución para la clasificación LR/HR.

Para la prueba del objeto novedoso se colocan dos objetos iguales por 10 minutos en esquinas separadas de dos aparatos; posteriormente la rata es retirada de los aparatos y colocada en su caja de confinamiento. Finalmente se reemplaza uno de los objetos por uno nuevo y se coloca a la rata de nuevo en los aparatos por otros 10 minutos. El tiempo invertido explorando el objeto novedoso (patas delanteras o nariz a aproximadamente 2 cm. del objeto) se considera como indicador de propensión a la novedad.

Después de ser clasificadas las ratas pasaron por un procedimiento de moldeamiento al 85% de su peso. Posteriormente se les implantó un catéter yugular para la autoadministración de anfetamina. En el procedimiento de auto-administración de anfetamina, para la adquisición se estableció una palanca activa y otra inactiva. Para conseguir infusiones las ratas debían presionar la palanca activa, lo cual provocaba una infusión de .1 mg/ kg de anfetamina y un tiempo fuera de 20 segundos. Inicialmente se estableció un RF1 y posteriormente se aumentó a RF2, RF3, y RF5. La adquisición terminó cuando la respuesta alcanzó estabilidad, tomando los siguientes criterios:

menos del 20% de variabilidad en infusiones por tres sesiones consecutivas, más de una proporción 2:1 en la cantidad de respuesta de la palanca activa sobre la inactiva y al menos 10 infusiones por sesión. Cada sesión duró 60 minutos y el número de sesiones a emplear dependió del criterio de estabilidad. Una vez alcanzado el criterio de estabilidad para hacer el análisis de los efectos de la droga se promediaron las sesiones dividiéndolas en 12 intervalos de 5 minutos.

En un primer experimento la dosis se redujo a .03 mg./kg por infusión. Cuando se alcanzó un patrón de respuesta estable se introdujeron en conjunto varias formas de estimulación novedosa, que consistieron en las siguientes combinaciones de estímulos: olores nuevos (café, cebolla, anís o extracto de banana), objeto novedoso (1 de 4 diferentes juguetes de plástico), patrón visual de blanco y negro (tabla de ajedrez, zigzag, revuelto o punteado) colocado en las paredes, inserción de piso nuevo con diferentes texturas (maya de alambre o piso de lámina como hoyos). Para el caso de la presencia y ausencia de estimulación novedosa se emplearon 4 sesiones de prueba.

Para el experimento 2, se repitió la estimulación del experimento 1 pero se varió la dosis con los siguientes valores: .0003, .1, .03 y .056 mg./kg por infusión. El orden de las dosis se varió aleatoriamente y se aplicó también en ausencia de estimulación novedosa para tener un punto de comparación.

Para el experimento 1, en relación a las pruebas de novedad se encontró que no existió correlación alguna entre sí mismas; es decir, la exploración en campo abierto no correlacionó con la exploración del objeto novedoso ni con la prueba de preferencia de lugar.

Durante la fase de adquisición ninguna de las pruebas correlacionó con la tasa de auto-administración. No obstante, la estimulación novedosa sí tuvo un efecto, al disminuir la tasa de auto-administración durante los bloques 1 y 2 Solamente la prueba de novedad inescapable correlacionó con la tasa de infusiones. En el caso de las ratas HR el efecto de disminución de infusiones se presentó de forma estadísticamente significativa en los bloques 1 y 2 y en las ratas LR en los bloques 1 a 4. También se encontró que las ratas HR a pesar del efecto de disminución, respondieron con tasas más altas que las ratas LR en los bloques 3, 4 y 6, lo cual sugiere que las ratas HR se recuperan más rápidamente del “efecto disruptivo” de la novedad en comparación con las ratas LR.

En el experimento 2 respecto a las pruebas de novedad, se encontró una correlación negativa entre la exploración en la prueba de novedad inescapable y la prueba de preferencia de lugar (lo cual es inconsistente con

lo encontrado en el experimento 1). Al igual que en el experimento 1, las ratas no difirieron en su porcentaje de auto-administración durante la adquisición. Al manipular las diferentes dosis se encontró que a dosis bajas la novedad disminuye la tasa de infusiones en los bloques 1, 2, 4 y 5 y a dosis altas la reducción se dio en todos los bloques. Al igual que en el experimento 1 solamente la prueba de novedad inescapable correlacionó con la tasa de infusiones, de modo que a dosis bajas la novedad afecta a las ratas HR y a dosis altas la novedad afecta a ambas, de modo que con las dosis más altas ambos grupos son afectados por la novedad.

Los resultados son discutidos en términos del efecto reforzante que aparentemente ejerció la novedad en la tasa de infusiones, es decir, pareció haber una competencia de estímulos reforzantes entre la novedad y las infusiones. Esto sugiere que estimulación novedosa puede ayudar a disminuir la conducta adictiva.

Los resultados de este trabajo muestran que las diferencias individuales en búsqueda de novedad pueden afectar la respuesta ante estímulos novedosos cuando se presentan durante un procedimiento de auto-administración de anfetaminas. Dado que las ratas no difirieron en la tasa de infusiones durante la adquisición, el hallazgo resultaría inconsistente con la asociación entre novedad y conducta adictiva, no obstante, las ratas HR sí respondieron con mayor tasa durante algunos bloques, aún en presencia de estimulación novedosa. Por otro lado, es necesario señalar que la falta de correlación encontrada entre las diferentes pruebas entre sí y el hecho de que solamente una haya correlacionado con la tasa de infusiones, sugiere que la búsqueda de novedad no es un rasgo homogéneo en sus manifestaciones y que las diferentes pruebas de novedad evalúan diferentes propiedades del rasgo, por lo que la ausencia de correlación de las pruebas entre sí y la ausencia de correlación con manifestaciones conductuales que se consideraría que corresponden al rasgo, es esperable y de hecho se presenta en muchos trabajos (tal como se mostrará más adelante), lo cual implica a su vez que el rasgo de búsqueda de novedad aún no ha sido caracterizado de manera completa y que aún no se ha podido diferenciar de otros rasgos y manifestaciones conductuales.

Siendo que la búsqueda de novedad se asocia habitualmente con adicciones, el trabajo de Cain et al. (2004) no muestra consistentemente esa correlación.

El trabajo de Beckmann, Marusich, Gipson y Bardo (2011) resulta un mejor ejemplo de dicha asociación y adicionalmente de la relación entre la búsqueda de novedad y otra característica conductual (goal-trackers / sing-trackers).

En dicho trabajo, se evaluó la relación entre búsqueda de novedad, auto-administración de cocaína y diferencias individuales en la saliencia incentiva. Se emplearon 24 ratas macho que fueron expuestas al procedimiento de novedad inescapable y a un procedimiento de preferencia de lugar. Posteriormente las ratas fueron expuestas a un procedimiento de automoldeamiento que permitió establecer una clasificación respecto a la saliencia incentiva. En este procedimiento las ratas fueron colocadas en una caja operante que presentaba una palanca durante 8 segundos; después de la retracción de la palanca se entregaba un pellet de forma no contingente (el pellet se entregaba con un programa de tiempo fijo). La inserción de la palanca siguió un intervalo variable de 90 segundos y la palanca se presentó en 25 ocasiones durante una sola sesión. Los autores registraron la cantidad de ocasiones en que la rata presionaba la palanca y la cantidad de ocasiones en que la rata introducía la cabeza en el comedero. Las ratas que introducen la cabeza mayoritariamente en el comedero se les clasifica como buscadoras de objetivos (*goal-trackers*) y las que presionan más la palanca en lugar de introducir la cabeza en el comedero se les denomina buscadoras de señales (*sign-trackers*). En el procedimiento de autoadministración de cocaína un grupo fue entrenado con una dosis baja (.3 mg./kg. por infusión) y otro con una dosis alta (1 mg. / Kg. por infusión). Durante el entrenamiento una palanca se presentó por 15 segundos; después de la retracción de la palanca se entregaba una infusión no contingente. Durante los últimos 45 minutos de la sesión estuvo presente una palanca inactiva. Después de este entrenamiento se estableció un RF 1 para obtener las infusiones. En este caso se analizó la correlación entre las diferentes clasificaciones y la tasa de infusiones.

Los resultados mostraron que respecto al procedimiento de automoldeamiento las ratas buscadores de señales y buscadores de objetivos se diferenciaron claramente conforme avanzaba el procedimiento. La prueba de novedad inescapable correlacionó negativamente con la prueba de preferencia de lugar. Por otro lado, mientras que la prueba de novedad inescapable no correlacionó con la clasificación del procedimiento de automoldeamiento, la prueba de preferencia de lugar correlacionó positivamente con el rasgo de búsqueda de señales, de modo que las ratas que prefirieron explorar el compartimiento novedoso fueron aquéllas que más veces presionaron la palanca en el procedimiento de automoldeamiento.

Durante el procedimiento de automoldeamiento con cocaína a dosis baja, no hubo correlación del rasgo de búsqueda de señales (no hubo correlación positiva entre el número de presiones de palanca durante el procedimiento de clasificación y la cantidad de autoinfusiones de cocaína), pero si correlacionó con el número de infusiones cuando se impuso el RF1, de modo que las ratas buscadores de señales conseguían más auto-infusiones en la parte final del entrenamiento que las ratas buscadores de objetivos. Sin embargo, la tasa de respuesta de

las ratas buscadores de señales no correlacionó con las respuestas en la palanca inactiva. No hubo correlación entre la prueba de novedad inescapable y la tasa de infusiones, mientras que existió una relación positiva entre la prueba de preferencia de lugar y las infusiones de cocaína, dicho correlación tendió a la significancia estadística ($p = .07$).

Al usar la dosis alta no se encontró correlación entre la búsqueda de señales y las respuestas en la palanca activa e inactiva, ni durante la adquisición ni durante el RF 1. Se encontró que la cantidad de infusiones incrementó conforme avanzó el entrenamiento pero eso no fue afectado por la conducta de búsqueda de señales. Respecto a las pruebas de novedad inescapable y preferencia de lugar, ninguna correlacionó con la cantidad de infusiones obtenidas en adquisición y en RF 1.

El hecho de que la correlación entre búsqueda de señales e infusiones no haya aparecido con la dosis más alta es un resultado inesperado. En ese sentido se argumenta que eso pudo deberse a diferencias en el procedimiento de moldeamiento (otros trabajos moldean de forma apetitiva antes de pasar al moldeamiento con infusiones). No obstante, sí se observó una correlación entre la búsqueda de novedad (prueba de preferencia de lugar), el rasgo de búsqueda de señales y la cantidad de auto-infusiones. La relación entre búsqueda de novedad y seguimiento de señales resulta relevante, ya que el seguimiento de señales al igual que búsqueda de novedad correlaciona con la conducta adictiva (y como se ha señalado esto también se considera conducta arriesgada). Además la búsqueda de señales también correlaciona con algunas medidas de impulsividad (Lovic, Saunders, Yager & Robinson, 2011), y a su vez la impulsividad como rasgo correlaciona con las adicciones (Anker et al., 2009).

Aun al margen de las inconsistencias mostradas en estos trabajos, el rasgo de búsqueda de novedad se ha aceptado como un buen predictor de la conducta adictiva en seres humanos. No sólo por las demostraciones empíricas en términos de tasa de auto-administración, sino también porque la búsqueda de novedad se asocia con procesos de “aprendizaje básicos” que intervienen en las adicciones, por ejemplo, las ratas HR adquieren más fácilmente la preferencia por el lugar donde se les administró alguna droga (Vidal-Infer et al., 2012). Si se considera que en las adicciones los estímulos asociados a la droga intervienen como incentivos en la conducta adictiva, tanto la búsqueda de novedad como la búsqueda de señales tendrán un efecto en el desarrollo de las adicciones.

Ahora, como se mencionó al principio del apartado, el rasgo de búsqueda de novedad se ha usado para modelar el rasgo de búsqueda de sensaciones. Es precisamente en el rasgo de búsqueda de sensaciones en humanos donde se encuentra sustento adicional para la relación entre búsqueda de novedad, riesgo y adicciones.

Un trabajo ilustrativo al respecto es el de Zuckerman y Kuhlman (2000). Loa autores Usaron una muestra de 124 estudiantes a los cuales se les aplicó un inventario de personalidad donde se evaluaban diferentes rasgos siendo uno de ellos el de búsqueda de sensaciones (en este contexto la búsqueda de sensaciones hace referencia en términos generales a la preferencia por experiencias nuevas y variadas). Los resultados de esta escala fueron correlacionados con una escala de experiencia de vida conde se evalúa la frecuencia de conductas relacionadas con las siguientes categorías: beber, fumar, uso de drogas, conducta sexual, hábitos de manejo y juego.

Los resultados de este trabajo mostraron que el rasgo analizado (los puntajes altos en dicho rasgo) fue uno de los principales predictores de puntuaciones altas en conductas como beber, fumar o el consumo de drogas.

Este trabajo muestra una correlación entre búsqueda de novedad en seres humanos y la conducta adictiva, de forma similar a los hallazgos que se han mostrado en ratas. Existe más evidencia disponible respecto a la relación entre búsqueda novedad y adicciones. Por ejemplo, se ha mostrado que los puntajes altos en búsqueda de novedad se asocian con un mayor riesgo de desarrollar dependencia al alcohol en familias con integrantes alcohólicos (Grucza et al., 2006). También se ha mostrado que la búsqueda de sensaciones se ha asociado con abuso de sustancias y conducta imprudente (Desrichard & Denarié, 2005). La búsqueda de sensaciones también aparece como variable mediadora en la relación existente entre edad y riesgo financiero (las personas con altos puntajes en búsqueda de novedad invierten más en una tarea experimental que simula decisiones financieras) (Zabel et al. 2009). Para los fines de este apartado no será necesario describir detalladamente esos trabajos.

Conforme a lo que se ha mostrado respecto a la relación entre búsqueda de novedad y adicciones, la propensión a la novedad como rasgo se asocia con una mayor vulnerabilidad a las adicciones en humanos. Esto se ha modelado con ratas encontrando resultados relativamente consistentes, por lo menos empleado ciertas pruebas de novedad. Además la relación entre la búsqueda de novedad y las adicciones muestra que procesos implicados en la vulnerabilidad a las adicciones (por ejemplo, búsqueda de señales e impulsividad) pueden también estar implicados en la propensión al riesgo, por lo que el modelo de búsqueda de novedad en ratas puede ser una forma de explorar otras variables asociadas a la propensión al riesgo.

Para comprender otros procesos alterados en el rasgo de búsqueda de novedad existen otro conjunto de estudios que han intentado establecer la relación entre búsqueda de novedad y otros procesos y rasgos conductuales, tales como: ansiedad, impulsividad y estrés. El procedimiento (como ya se mostrado en trabajos

anteriores) consiste en correlacionar los puntajes obtenidos de las pruebas de novedad con los puntajes de otras pruebas conductuales que evalúan otros procesos.

Es necesario hacer notar que debido a las características de los trabajos que han abordado el estudio de las relaciones entre la búsqueda de novedad y procesos conductuales[34], estos serán expuestos en términos de los procedimientos utilizados, los hallazgos encontrados en términos de procesos alterados y su posible relevancia para el estudio de las elecciones arriesgadas.

En general, los resultados obtenidos con estos trabajos indican en general que la búsqueda de novedad es un rasgo heredable y que además correlaciona con otros rasgos, aunque con resultados relativamente inconsistentes.

Como punto de partida, puede mencionarse el trabajo de Stead et al. (2006), quienes muestran que el rasgo de búsqueda de novedad es heredable con un procedimiento de crianza selectiva. Ellos emplearon una población inicial de ratas formada por 60 machos y 60 hembras; de cada pareja se obtuvieron 6 machos y 6 hembras. Entre los 60 y 75 días se aplicó la prueba de novedad de actividad locomotriz, consistente en colocar a la rata en una caja de 43 cm. de largo x 24.5 de ancho y 21 cm. de alto; la caja contiene sensores de movimiento que registran la cantidad de conducta exploratoria de la rata durante una hora. Se obtienen las puntuaciones extremas y las ratas se clasifican en LR y HR. Las ratas LR apareadas con LR y las HR con HR, así sucesivamente por 16 generaciones. Cada generación fue sometida a los siguientes procedimientos que evalúan procesos y rasgos conductuales: prueba del laberinto elevado, prueba de luz oscuridad, prueba de campo abierto, prueba de campo abierto con tratamiento de benzodiacepina, crianza cruzada.

La prueba del laberinto elevado tal como ha sido descrita en el apartado de ansiedad, implica la clasificación de las ratas en base al tiempo invertido en los brazos abiertos. En este caso, se registró la latencia de entrada a los brazos, el tiempo invertido en brazos abiertos y cerrados y la distancia recorrida.

[34] Se trata de trabajos que no siguen un orden sistemático, ya que el rasgo de búsqueda de novedad correlaciona con variables que corresponden a temas relativamente variados como adicciones, reforzamiento sensorial y personalidad.

La prueba de luz oscuridad también ha sido descrita en el trabajo de Rivalan et al (2009), en este caso se registró la latencia de entrada, el tiempo invertido en cada compartimiento y el número de ocasiones que se interrumpieron los sensores.

La prueba de campo abierto, consistió en colocar a la rata en la esquina de una caja de 150 x 150 cm. y registrar la latencia de acercamiento a la parte central de la caja así como el tiempo invertido en esta respecto a las zonas periféricas (asumiendo que las ratas prefieren estar en las esquinas esta prueba estaría evaluando también miedo y riesgo).

Durante la prueba de campo abierto con benzodiacepina un grupo de ratas recibieron una dosis oral de 50 mg./kg. de benzodiacepina (se considera que dicho medicamento disminuye la ansiedad en ratas) mientras que el otro grupo recibió solamente una solución salina, ambos grupos pasaron a la prueba de campo abierto, en este caso las ratas fueron colocadas en la esquina de una caja de 100 x 100 cm. con dos tubos plásticos uno en el centro y otro en el área periférica. En este caso se registró durante 5 minutos la exploración de las áreas centrales respecto de las periféricas, así como el acicalamiento y el acercamiento a los tubos.

En cuanto al procedimiento de crianza cruzada, se analizó la conducta de una generación de ratas con todas las pruebas mencionadas bajo las siguientes condiciones: con la misma madre biológica, con una madre diferente pero del mismo fenotipo (LR/HR) y con una madre diferente y de fenotipo contrario.

Adicionalmente se usó una generación para comparar el rasgo de las ratas que pasaron por crianza selectiva con ratas comerciales. De modo que una población de ratas comerciales pasó por la prueba de locomoción.

Los resultados mostraron en general que las generaciones de hembras mostraron un 29% más de actividad locomotriz en la prueba de locomoción en comparación con los machos y que la diferencia fenotípica entre LR y HR se acentúa rápidamente a través de las generaciones. La divergencia máxima se encontró en la generación 7 y desde la generación 5 fue posible predecir con 99% de confiabilidad el fenotipo de la descendencia, lo cual indica que se trata de un rasgo heredable. Al comparar las ratas de crianza selectiva con ratas comerciales se encontró que las ratas HR de crianza selectiva tuvieron ligera pero significativamente más actividad que las ratas HR comerciales, del mismo modo, las ratas LR de crianza selectiva tuvieron menos actividad locomotriz de las ratas LR comerciales.

Respecto a la prueba del laberinto elevado se encontró que las ratas LR invirtieron menos tiempo en los brazos abiertos y mostraron una mayor latencia de aproximación a dichos brazos en comparación con las ratas HR.

En la prueba de luz oscuridad se encontró que las ratas LR invirtieron menos tiempo en el compartimiento ansiógeno (el compartimiento iluminado), mayor latencia para entrar a dicho compartimiento y menor actividad general en comparación con las ratas HR

La prueba de campo abierto mostró que las ratas LR invirtieron más tiempo en las áreas centrales y periféricas. Las ratas LR mostraron también mayores latencias para explorar las 4 esquinas del aparato. Respecto al nivel de actividad general se encontró que hubo diferencias estadísticamente significativas entre ratas LR y HR. Al comparar la ejecución bajo los efectos de la benzodiacepina se encontró que la cantidad de exploración de las ratas LR fue casi idéntica a la de las ratas HR, y se diferenció claramente del comportamiento de las ratas LR que recibieron la solución salina. Además las ratas LR tratadas con benzodiacepina, así como las ratas HR con y sin tratamiento de benzodiacepina, tuvieron más contacto con los objetos colocados en comparación con las ratas LR no tratadas. Esto sugiere que la ansiedad es lo que disminuye la cantidad de exploración. No hubo diferencias en las conductas de acicalamiento.

En cuanto al procedimiento de crianza cruzada se encontró que esta variable aparentemente no afecta la conducta exploratoria en la prueba de locomoción. En cuanto al procedimiento del laberinto elevado se encontró que las ratas HR criadas con madres LR invertían ligeramente menos tiempo en los brazos abiertos comparadas con las ratas HR criadas con madres de su mismo fenotipo. Las ratas LR criadas por madres diferentes del mismo o diferente fenotipo invirtieron ligeramente más tiempo en los brazos abiertos en comparación con las ratas LR criadas por sus madres biológicas. No hubo diferencias en la latencia. En el caso de la prueba de luz-oscuridad se encontró que lo único afectado por la crianza cruzada fue la latencia, de modo que hubo una reducción en la latencia de entrada al compartimiento ansiógeno en las ratas LR criadas por diferentes madres del mismo o diferente fenotipo en comparación con las ratas LR criadas por sus madres biológicas. Esto sugiere de acuerdo con los autores un efecto de la crianza cruzada independientemente de la identidad de madre, mismo que solamente se presenta en las ratas LR.

Este estudio muestra varios hallazgos importantes para los fines de este trabajo. Primero, muestra que el rasgo de búsqueda de novedad es claramente heredable, lo cual puede ser una ventaja en cuanto a la validez de

las diferencias individuales que se pretenden modelar. Y segundo, la búsqueda de novedad correlaciona de forma relativamente consistente con marcadores conductuales de ansiedad. Siendo la ansiedad una característica que afecta la propensión al riesgo, el modelo puede resultar útil para evaluar los efectos de la ansiedad. No obstante, como se mostrará a continuación las correlaciones del rasgo de búsqueda de novedad con otros procesos no son siempre consistentes.

Flagel et al. (2010) estudiaron la relación entre búsqueda de novedad y diferentes marcadores conductuales de desinhibición conductual. Ellos emplearon un procedimiento de crianza similar al anteriormente citado con una colonia inicial de 260 ratas. Para la clasificación de las ratas emplearon la misma prueba de actividad locomotriz empleada en el experimento de Stead et al. (2006). Las ratas fueron expuestas a dicho procedimiento entre los 55 y 60 días de edad. Las ratas LR y HR de las diferentes generaciones fueron expuestas a los siguientes procedimientos: condicionamiento pavloviano (procedimiento de moldeamiento), condicionamiento por cocaína, conducta impulsiva (procedimiento de descuento de demora, tarea de elección probabilística y programa de reforzamiento diferencial de tasa bajas), evaluación de respuesta conductual e inmunoquímica para expresión de receptores de dopamina así como registro de eventos dopaminérgicos (mediante la administración de quimpirol, agonista de la dopamina y cuyo efecto conductual es un aumento en la actividad psicomotriz).

Para el procedimiento de condicionamiento pavloviano una palanca iluminada fue presentada durante 25 ensayos por 8 segundos, seguida inmediatamente por la administración de un pellet programado con intervalo al azar de 90 segundos. Bajo estas condiciones se registró: el número de contactos con la palanca, la latencia del primer contacto con la palanca, número de entradas al comedero, latencia de la primera entrada al comedero y el número de entradas al comedero durante el intervalo entre ensayos. Este procedimiento arroja una clasificación de buscadores de señales y buscadores de objetivos en base a las puntuaciones extremas, tal como se describe en el trabajo de Beckmann et al. (2001).

Para el entrenamiento en condicionamiento pavloviano con cocaína se les insertó previamente a las ratas un catéter yugular. El entrenamiento se desarrolló durante 12 sesiones. Se usaron para cada sesión 6 ensayos de apareamiento (CS-US) que ocurrieron con un intervalo al azar de un promedio de 900 segundos. Cada ensayo consistió en la presentación de la palanca durante 8 segundos apareada con la administración no contingente

(independiente de la respuesta) de .5 mg. / kg. de cocaína. Se registró la latencia de aproximación a la palanca y el número de aproximaciones.

Para el procedimiento de descuento de demora las ratas fueron expuestas a 18 sesiones de 5 bloques de 12 ensayos. Para cada bloque, los primeros seis ensayos fueron forzados (solamente una opción inmediata o solamente una opción demorada) y los otros seis fueron libres (ambas opciones simultáneamente). La opción inmediata y pequeña entregaba un pellet y la opción demorada entregaba 4 pellets. Para la opción demorada los valores fueron de 0, 3, 6, 12 y 24 segundos. Se registró la preferencia por la opción inmediata respecto a la opción variable.

Para la tarea de elección probabilística se estableció una opción que entregaba un reforzador pequeño pero constante y otra que entregaba un reforzador grande pero con una probabilidad variable. Cada sesión consistió en 5 bloques de 16 ensayos, siendo 8 forzados y 8 libres. Para las primeras 7 sesiones la probabilidad asociada al reforzador grande y variable fue 1, .5, .25, .125 y .0625. Debido a la escasez de elecciones del reforzador grande y variable, las probabilidades se cambiaron a partir de la sesión ocho, siendo: 1, .75, .5, .375 .25. Se registró la preferencia hacia ambas opciones.

Para el programa de reforzamiento diferencial de tasa bajas (DRL) se usaron sesiones de 45 minutos, cada sesión comenzó con la presentación de la palanca, una respuesta causaba la iluminación de la palanca y la entrega del reforzador si el intervalo programado había pasado. Las ratas fueron inicialmente entrenadas con DRL 5s, durante 5 días, posteriormente se les entrenó con valores de 10, 20 y 30 segundos durante 5 días para cada valor. Se registró el número total de respuestas y el número total de reforzadores ganados.

Para evaluar la respuesta al quimpirol se usaron tres dosis inyectadas de .1, .3 y 1 mg./kg. Al grupo control se le administró una solución salina. Después de la administración las ratas permanecieron en cajas de actividad por una hora, siendo su conducta grabada con una video cámara.

Para la evaluación de la expresión de receptores de dopamina, las ratas fueron expuestas a un procedimiento de evaluación de eventos transitorios de dopamina.

Los resultados de la prueba de locomoción mostraron que la conducta exploratoria fue similar a lo largo de las generaciones. Para la generación 17 existió una clara diferencia entre las ratas LR y HR, donde las ratas HR

recorrieron una distancia significativamente mayor en comparación con las ratas LR y a una velocidad mayor que las ratas LR.

Respecto al procedimiento pavloviano de auto-moldeamiento se encontró que las ratas HR tendieron a ser clasificadas como buscadores de señales y las LR como buscadoras de objetivos (ello tomando el 33% de las puntuaciones extremas para cada grupo). Ambos grupos adquirieron la respuesta condicionada con la misma rapidez y con una tasa similar.

Para el procedimiento de cocaína, aunque no hubo una respuesta de búsqueda de objetivos (ya que las infusiones se entregaban en el catéter), se observó que las ratas HR desarrollaron la respuesta de búsqueda de señales (orientación hacia la palanca y exploración alrededor de ella) mientras que las ratas LR no lo hicieron. Por otro lado, las ratas HR mostraron también una menor latencia de aproximación a la palanca.

En relación a las medidas de impulsividad utilizadas, se observó que las ratas HR tendieron a escoger más consistentemente la opción grande y demorada en comparación con las ratas LR. También se encontró que las ratas HR tuvieron una ejecución más rápida durante los ensayos forzados en comparación con las ratas LR, lo cual sugiere un mayor nivel de actividad general. En el procedimiento de elección probabilística se observó que no hubo diferencias en la proporción de elecciones hacia las opciones pequeña y constante o grande y variable. Respecto al procedimiento de reforzamiento diferencial de tasas bajas, las ratas HR emitieron más respuestas en todos los intervalos y recibieron menos reforzadores en el caso de los dos intervalos más largos en comparación con las ratas LR, de modo que las ratas LR emitieron respuestas más efectivas durante todos los intervalos. Esto puede ser interpretado como evidencia a favor de que las ratas HR tienen déficits en el control de sus respuestas.

Durante el procedimiento con quimpirol (se considera agonista de la dopamina y uno de sus efectos pronosticados es el aumento en la actividad psicomotriz) se encontró que las ratas HR exhibieron un mayor incremento en su actividad motriz con la dosis de .1 mg. /kg. en relación a las ratas LR. Solamente con esta dosis las ratas HR difirieron de las LR. En consecuencia, las ratas HR parecen ser más sensibles a las dosis bajas del quimpirol.

En relación a los procedimientos en inmunoquímica, se encontró que las ratas HR tuvieron una expresión disminuida del receptor D2 en el núcleo accumbens (lo cual se ha asociado con adicción a la cocaína e impulsividad). Además, las ratas HR tuvieron un mayor número de receptores D2 en el estriado dorsal.

Adicionalmente, en las ratas HR se observó una mayor cantidad de receptores dopaminérgicos en los terminales post sinápticos activos en comparación con las ratas LR, de modo que al respecto los autores concluyen que las ratas HR tienen un sistema dopaminérgico hipersensible.

Los resultados de este trabajo confirman la heredabilidad del rasgo de búsqueda de novedad y muestran diversas correlaciones con otros procesos conductuales que pueden resultar relevantes para el estudio del riesgo. La correlación de las ratas HR con la conducta de búsqueda de señales, tanto en el procedimiento apetitivo como en el de condicionamiento por cocaína, sugiere una relación con la vulnerabilidad a las adicciones y a la impulsividad. No obstante, la relación con la impulsividad no es clara, ya que si bien las ratas HR tuvieron una peor ejecución en el programa DRL, éstas no mostraron diferencias en la prueba de elección probabilística con las LR, y de hecho mostraron menor conducta impulsiva en el procedimiento de descuento de demora. Al respecto es necesario señalar que, tal como se menciona en el apartado de impulsividad de este trabajo, la impulsividad no es necesariamente una manifestación conductual homogénea, de modo que, de acuerdo con los componentes habitualmente asumidos en la impulsividad, las ratas HR parecen tener déficit en la inhibición de sus respuestas, mientras que las ratas LR parecen tener déficits en la demora de la gratificación. Aunque se ha establecido una relación entre impulsividad y riesgo en seres humanos no ha quedado claro qué componente de la impulsividad es el que provoca la propensión al riesgo. En consecuencia, podemos interpretar estos resultados a favor de la hipótesis de que, la impulsividad es una variable que puede estar determinando la relación entre búsqueda de novedad, riesgo y vulnerabilidad a las adicciones.

En relación a las diferencias encontradas en cuanto a receptores de dopamina y eventos dopaminérgicos, el hallazgo puede resultar relevante, ya que la actividad dopaminérgica se ha asociado con procesos de reforzamiento y aprendizaje de resultados probabilísticos (Hollerman y Schultz, 1998). El papel de la dopamina también ha sido considerado en neuroeconomía como una variable que afecta las decisiones cuando se encuentra en déficit o exceso en ciertas condiciones patológicas como el mal de Parkinson (RamsØy & Skov, 2010). Flagel et al. (2010) argumentan que la alta proporción de receptores de dopamina podría explicar la hipersensibilidad de las ratas HR al quimpirol; además, afirman que la disminución de receptores dopaminérgicos en el estriado dorsal ha sido encontrada en adictos a la cocaína y en ratas impulsivas. Esto sugiere un papel mediador de la dopamina en las adicciones y en la impulsividad.

Cabe señalar además, que las diferencias en actividad dopaminérgica en ratas LR y HR también han sido reportadas en otros trabajos (Antoniou et al. 2008). En consecuencia, si las ratas LR y HR difieren en su funcionamiento dopaminérgico y si dicho funcionamiento afecta procesos conductuales que intervienen en la propensión al riesgo, ésta podría ser otra variable relevante para el estudio de las elecciones arriesgadas.

De acuerdo con los trabajos de Stead et al. (2006) y Flagel et al. (2010) el rasgo de búsqueda de novedad correlaciona con procesos conductuales como la ansiedad, la impulsividad y la búsqueda de señales. Tal como se mencionado, los dos primeros procesos se han asociado con la propensión al riesgo. Además de estas dos variables, la reactividad al estrés también ha sido correlacionada con el rasgo de búsqueda de novedad.

Duclot et al. (2011) estudiaron la relación entre el rasgo de búsqueda de novedad y los patrones de respuesta ante el estrés social. Se usaron ratas macho expuestas a varios procedimientos que evalúan los efectos del estrés. Un grupo de ratas fue elegido (por mostrar consistente conducta agresiva) para el procedimiento de derrota social y otro grupo de ratas fueron clasificadas con LR y HR en base al procedimiento de actividad locomotriz. De las ratas LR y HR obtenidas se eligió una proporción para ser expuesta al procedimiento de derrota social[35] y el otro que no fue expuesto se usó como grupo de comparación. De ahí se extrajeron 4 grupos (cada grupo incluyó ratas LR y HR expuestas y no expuestas al procedimiento de derrota social) a los que se aplicaron los siguientes procedimientos: el primer grupo fue expuesto a la prueba de novedad de campo abierto, el segundo grupo fue expuesto a un procedimiento de consumo de sucrosa (como prueba de anhedonia), el tercer grupo fue expuesto una prueba de aproximación y evitación social y después a dos pruebas que evalúan estímulos contextuales asociados al miedo (la primera fue dos días después de la prueba de aproximación y evitación social y la segunda dos semanas después), el cuarto grupo se usó para analizar los efectos a corto y largo plazo seguidos de la exposición al procedimiento de derrota social.

Para el procedimiento de derrota social hubo dos condiciones: derrota social aguda (una sola exposición de 15 minutos) y derrota social repetida (4 encuentros consecutivos de 15 minutos separados por intervalos de 24 horas). En términos generales en dicho procedimiento las ratas son extraídas de su caja de hacinamiento y colocadas por cinco minutos en un compartimiento vacío con un macho seleccionado por su agresividad. En una fase previa a la agresión hay un panel transparente que permanece por 5 minutos, después se retira el panel y el

[35] El procedimiento no será descrito a detalle en este trabajo. Para una descripción detallada véase Paul et al. (2011).

residente interactúa con el intruso por 10 minutos, entonces se registran conductas clasificadas como: confrontación reactiva, confrontación proactiva y conductas neutrales. Para los fines de este trabajo resultan relevantes las conductas de congelamiento (*freezing* en este caso es entendido como la ausencia de todo movimiento excepto el necesario para respiración) y sumisión. También se registró el peso corporal cada dos días, antes del procedimiento de derrota hasta seis días después de éste.

Para la prueba de campo abierto se usó un área circular y se registraron por 10 minutos las siguientes conductas: actividad locomotriz, tiempo invertido en el centro, duración de periodos de inmovilidad, velocidad y frecuencia de acicalamiento.

En la prueba de consumo de sucrosa, las ratas fueron primero habituadas a beber solamente agua en dos botellas, después una de las botellas se cambió por una que contenía .5 % de solución de sucrosa. El peso periódico de los botes se tomó como medida de consumo y de preferencia por la sucrosa antes, durante y después del procedimiento de derrota social.

Para la prueba de aproximación-evitación se establecieron 3 sesiones de 5 minutos. En la primera sesión las ratas se colocan en un campo abierto y se registró su actividad general. Durante la segunda sesión se colocó en el campo abierto una caja vacía de alambre y se registró el tiempo invertido explorando dicha caja. En la tercera sesión se colocaron varias ratas dentro de la caja y se registró el tiempo invertido explorándola.

En la prueba de memoria de miedo contextual las ratas agredidas fueron expuestas a la caja del residente vacía y se registró por cinco minutos la conducta de congelamiento. Esta exposición se efectuó 4 semanas después del procedimiento de derrota social, y dos semanas más tarde para observar si se presentaba extinción.

El cuarto grupo después de pasar la condición aguda del procedimiento de derrota social, fue expuesto a una prueba similar a la anterior, dicha exposición fue 24 horas después de la agresión y 4 semanas después. En este caso se usó una caja similar a la del residente pero limpia y vacía para medir por 5 minutos la conducta de congelamiento. 24 horas después las ratas fueron expuestas a la caja de un agresor y se registró su conducta de congelamiento. Se analizó el tiempo de la conducta de congelamiento y la cantidad de animales que alcanzaron el criterio de dicha conducta, esto es, el cese de toda conducta locomotriz y exploratoria durante un lapso superior o igual a 20 segundos.

Los resultados de la prueba de campo abierto después del procedimiento de derrota social de una sola exposición, mostraron que las ratas HR invirtieron más tiempo en la parte central del campo abierto en comparación con las ratas LR que no fueron agredidas, en las otras medidas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Este resultado fue interpretado por los autores como evidencia de tigmotaxia reducida, lo cual implicaría niveles de ansiedad reducidos.

Dos semanas después del procedimiento de derrota social (condición de 4 exposiciones) se encontraron cambios conductuales dependientes de la clasificación LR/HR. Las ratas HR mostraron un decremento del 16% y las LR del 26% en el procedimiento de campo abierto. También se encontró un incremento en los periodos de inmovilidad (303% en LR y 332% en HR) y una disminución del 32% en la locomoción en las ratas LR mientras que en las ratas HR no hubo una disminución significativa. Todas las ratas HR expuestas al procedimiento de derrota social mostraron pérdida de peso en comparación con las ratas HR que no fueron expuestas a dicho procedimiento. En las ratas LR este efecto de reducción de peso no se presentó.

En relación a la prueba de consumo de sucrosa las ratas LR y HR no difirieron en su consumo antes del procedimiento de derrota social. Después del procedimiento de derrota social, las ratas HR disminuyeron su consumo de sucrosa dos días después de la última agresión en comparación con las ratas HR no expuestas al procedimiento. Las ratas LR agredidas y no agredidas consumieron en general la misma proporción de sucrosa que las ratas HR no agredidas.

La prueba de aproximación-evitación mostró que en las primeras dos fases las ratas LR y HR (agredidas y no agredidas) no mostraron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, las ratas HR durante la tercera fase mostraron una reducción en el tiempo invertido en la interacción con la rata colocada en la caja en comparación con las ratas HR no agredidas, ello a pesar de que su actividad motriz fue similar. En el caso de las ratas LR, el comportamiento fue similar tanto para las agredidas como para las no agredidas.

Al medir la conducta de congelamiento en el procedimiento de memoria de miedo, se observó que los grupos LR y HR agredidos desarrollaron miedo condicionado a la caja donde fueron agredidas. Cuando las ratas fueron re-expuestas dos semanas después hubo un decremento en la conducta de congelamiento en ambos grupos agredidos. Sin embargo, mientras que en las ratas HR la conducta de congelamiento desapareció casi por completo, un número significativo de ratas LR siguieron mostrando ligera conducta de inmovilidad que alcanzaba el criterio de congelamiento establecido por los autores.

Finalmente, el grupo que fue expuesto a la condición aguda del procedimiento y posteriormente al procedimiento de memoria de miedo, no mostró diferencias (HR respecto a LR) con un intervalo de 24 horas después de la agresión. Al usar un intervalo de 48 horas después de la agresión, ambos grupos mostraron conducta de congelamiento, pero solo las ratas HR cumplieron el criterio. De modo que en las ratas HR un solo encuentro de agresión fue suficiente para desencadenar memoria de miedo.

Aunque los resultados de este trabajo son interpretados en términos de la relación entre el rasgo de búsqueda de novedad y la vulnerabilidad en el padecimiento de desórdenes del humor como la depresión, de relevancia para este trabajo es el hecho de que las ratas LR y HR difieren en sus patrones de respuesta ante el estrés, y el estrés tal como se ha señalado afecta la propensión al riesgo. De modo que asumiendo estas diferencias, la reactividad al estrés puede estar mediando la relación entre el rasgo de búsqueda de novedad y la conducta arriesgada. Así, suponiendo que las ratas HR tengan mayor vulnerabilidad al estrés y que dicha vulnerabilidad provoque respuestas de ansiedad incrementadas (tal como se sugiere en este trabajo), la predicción que se desprendería en cuanto a procedimientos de elección sería la de aversión al riesgo. Esto podría implicar una contradicción con el trabajo de Stead et al. (2006), donde sus resultados sugieren que las ratas LR son más ansiosas que las HR. Para tratar con esta aparente contradicción es necesario considerar, como se ha mencionado anteriormente, que la ansiedad puede ser un rasgo o un estado, y que es posible que al igual que otros procesos conductuales no se trate de una manifestación unitaria y homogénea, es decir, que la ansiedad correlacione con ciertas conductas y procedimientos mientras que con otros no. Así, es probable que las ratas LR tengan mayores “niveles basales” de ansiedad que las ratas HR, pero que las ratas HR desarrollen niveles de ansiedad más acentuados cuando se administran ciertos procedimientos que inducen estrés. Al margen de estas posibilidades, con lo expuesto hasta aquí, es evidente que los procesos alterados relacionados con la clasificación LR/HR no han sido esclarecidos por completo.

En otro trabajo Kabbaj, Devine, Savage y Akil (2000) estudiaron el efecto de diferentes procedimientos de estrés en ratas clasificadas como LR y HR. Ellos emplearon ratas clasificadas con el procedimiento de actividad locomotriz con una exposición de 120 minutos. Se usó una caja de acrílico de 43 x 21.5 x 24.5 cm. donde se registró la actividad de la rata con sensores verticales y horizontales. Adicionalmente se registraron las conductas de acicalamiento.

Para la clasificación se tomó la tercera parte de las puntuaciones extremas de cada cola de la distribución. Las ratas clasificadas fueron expuestas a diferentes procedimientos en los siguientes experimentos en grupos separados:

Experimento 1: 20 ratas LR y 20 HR fueron expuestas al procedimiento de luz oscuridad. Posteriormente con intervalos de 15, 30, 60 y 90 minutos, las ratas fueron decapitadas para análisis de inmunoquímica, siendo comparadas con un grupo control que no fue expuesto al procedimiento de luz oscuridad.

Experimento 2: 7 ratas LR y 7 HR fueron expuestas al procedimiento del laberinto elevado.

Experimento 3: 16 ratas LR y 16 HR fueron expuestas al procedimiento estrés por restricción por 30 minutos y posteriormente decapitadas para análisis de inmunoquímica. Se estableció un grupo control de comparación que no fue expuesto al procedimiento de estrés. El procedimiento de estrés por restricción consistió en poner a las ratas en una pieza de teflón flexible con selladuras del velcro (no especifica el tiempo de exposición al procedimiento).

Experimento 4: 12 ratas LR y 12 HR fueron colocadas en una caja bajo condiciones de aislamiento o junto a otras ratas. Una semana después las ratas fueron expuestas al procedimiento de luz oscuridad.

Experimento 5: A 18 ratas LR y 18 HR se les implantó una cánula en el hipocampo. 5 días de recuperación después se les inyectó el antagonista del receptor del glucocorticoide RU38486 (o el vehículo de dicha sustancia para el grupo control) en dosis de 100 y 200 ng. (nanogramos) en el hipocampo. Posteriormente las ratas pasaron a la prueba de luz-oscuridad.

Durante el experimento 1 las ratas HR mostraron una menor latencia para pasar del compartimiento oscuro al compartimiento iluminado y una mayor cantidad de tiempo invertido en dicho compartimiento en comparación con las ratas LR. Además las ratas HR tuvieron mayor actividad motriz en el compartimiento iluminado.

En el experimento 2 las ratas HR invirtieron más tiempo en los brazos abiertos del laberinto y tuvieron más actividad en dichos brazos en comparación con las ratas LR.

El análisis de inmunoquímica del experimento 3 mostró que las ratas LR y HR no difirieron en sus niveles basales de corticosterona después de ser expuestas 30 minutos al procedimiento de estrés por restricción de movimiento.

En el experimento 4 se encontró que las ratas HR que estuvieron en la caja de confinamiento de forma grupal tuvieron una menor latencia para entrar en el compartimiento iluminado e invirtieron más tiempo en éste en comparación con el resto de los grupos (HR y LR en aislamiento, así como LR con confinamiento grupal). Comparando el resto de los grupos parece ser que el aislamiento social eliminó las diferencias entre las ratas LR y HR.

En el experimento 5 se encontró que con la inyección del vehículo se mantuvo el efecto encontrado de menor latencia y mayor tiempo invertido en el compartimiento iluminado en las ratas HR en comparación con las ratas LR. Al administrar el antagonista (el efecto normal esperado del antagonista es la reducción de los efectos del estrés) se encontró que las ratas LR comenzaron a comportarse como las ratas HR, de modo que la diferencia entre las ratas LR y HR en cuanto a la cantidad de tiempo invertido en el compartimiento iluminado desapareció con ambas dosis; la diferencia en cuanto a latencia desapareció sólo con la dosis más alta.

En cuando a los estudios neuroanatómicos se encontró que las ratas HR mostraron un menor nivel de expresión basal de hormona de recaptura de corticotropina en el núcleo central de la amígdala en comparación con las ratas LR y un mayor nivel en el núcleo paraventricular. Las ratas HR tuvieron también menores niveles basales de expresión de receptores de glucocorticoides en el hipocampo y en el giro dentado en comparación con las ratas LR. A los niveles reducidos de expresión de receptores de glucocorticoides se les atribuye una contribución al rasgo de búsqueda de novedad, debido a que la inyección del antagonista de glucocorticoides homogeneizó el comportamiento de las ratas LR y HR; es decir, estos niveles reducidos pueden estar causando que las ratas HR experimenten las situaciones novedosas y ansiógenas de forma menos ansiógena que las ratas LR.

Los resultados de este trabajo sugieren una relación entre búsqueda de novedad, ansiedad y estrés. De forma congruente con el trabajo de Stead et al. (2006), los resultados de Kabbaj et al. (2000) muestran que las ratas HR tienden a mostrar menos conducta ansiógena en los procedimientos del laberinto elevado y la prueba de luz oscuridad, y considerando el efecto del antagonista de glucocorticoides en las ratas LR para posible una relación inversa entre ansiedad, estrés y novedad (a menor estrés y a menor ansiedad mayor búsqueda de

novedad), de modo que la disminución de la ansiedad y el estrés propician la búsqueda de novedad. A su vez este trabajo sugiere además que la exploración por si sola puede generar estrés y que las diferencias individuales en los niveles de expresión de receptores de glucocorticoides pueden estar mediando las diferencias en la búsqueda de novedad.

Las conclusiones de este trabajo, tal como son referidas en la discusión, implicarían que las ratas LR son más "tímidas" en términos su mayor proporción de respuestas ansiógenas, lo cual provoca sus menores niveles de exploración. Y por otro lado, las ratas HR aunque no difieren en sus niveles basales de corticosterona después de exponerles a una situación estresora (es necesario considerar que el efecto puede ser específico del tipo de estrés administrado), debido a la menor cantidad de receptores de glucocorticoides experimentan de forma menos estresante y ansiógena las situaciones novedosas como la exploración. Asumiendo estas características se pronosticaría por lo tanto, aversión al riesgo en las ratas LR y propensión en las ratas HR. No obstante, considerando que la ansiedad también puede aparecer asociada a la propensión al riesgo, las ratas LR también podrían ser más propensas al riesgo, quedando así poco clara la predicción en cuanto a propensión al riesgo. Otra posibilidad es que las ratas LR y HR tengan diferentes formas de reactividad al estrés. Por ejemplo si se observan los resultados del trabajo de Duclot et al. (2011) las ratas HR muestran en la mayoría de los marcadores conductuales empleados, un mayor efecto del estrés social en comparación a las ratas LR. Y por otro lado, si se observa el comportamiento de las ratas LR en las pruebas de campo abierto, sus bajos niveles de exploración en comparación con las ratas HR, podrían explicarse por los mayores niveles de estrés inducidos por la situación novedosa. Visto de este modo la posible relación entre búsqueda de novedad y riesgo podría estar mediada por diferencias individuales en reactividad hacia un tipo específico de estrés.

En otro trabajo Molander et al. (2011) estudiaron la relación entre impulsividad, novedad, ansiedad y estrés. Un grupo de ratas fue expuesto al procedimiento de 5 elecciones seriadas, el cual arroja una clasificación de baja y alta impulsividad espontánea (SHI y SLI sucesivamente). La tarea de tiempos de reacción de 5 elecciones seriadas (5-CSRTT) consiste en 100 ensayos discretos durante 40 sesiones o el tiempo necesario para alcanzar la estabilidad (80% o más de precisión con menos de 20% de omisiones). Después de un intervalo entre ensayos de 5 segundos aparece una luz en una de cinco aperturas por medio segundo. Las respuestas en esta apertura durante el periodo de control correcto (*hold*) fueron registradas y reforzadas con un pellet; también se registraron las respuestas incorrectas (después del periodo de control), las omisiones y las prematuras (antes de la aparición de la luz). Al inicio del entrenamiento la duración de la luz fue de 30 segundos y fue disminuyendo gradualmente

(dependiendo de la ejecución individual) hasta llegar a .5 segundos. Las ratas que tuvieron en promedio 60 o más respuestas prematuras fueron clasificadas como de alta impulsividad espontánea (SHI) y las que tuvieron en promedio 40 o menos respuestas prematuras como de baja impulsividad espontánea (SLI).

De las ratas obtenidas se asignaron sujetos para los siguientes procedimientos:

Prueba de actividad locomotriz: 8 SLI y 8 SLH fueron expuestas a la prueba por un periodo de 2 horas (para el resto de los procedimientos no se especifica la cantidad ratas utilizadas).

Procedimiento de elecciones con administración de diazepam: 10 días después del procedimiento inicial en la tarea de elecciones seriadas, las ratas fueron expuestas de nuevo al mismo procedimiento pero bajo los efectos de 4 dosis de diazepam (.3, 1, 3 o 5 mg./kg; 2 ml./kg IP) o el vehículo en el caso del grupo control. La droga se administró con un intervalo de 30 minutos antes del procedimiento. En general el efecto esperado del diazepam sería el de reducir la ansiedad y en consecuencia los marcadores conductuales asociados a ella.

Laberinto elevado: Otro grupo de ratas clasificadas fue expuesto a la prueba del laberinto elevado por cinco minutos, primero sin la administración de la droga y posteriormente bajo los efectos de 2 mg./kg de diazepam o el vehículo en el caso del grupo control.

Prueba de preferencia por el lugar novedoso: las ratas clasificadas fueron expuestas a dos compartimientos con distintos estímulos táctiles y visuales. El primero tenía paredes blancas y piso plano. El segundo tenía paredes negras y piso cuadriculado. En la primera fase de la tarea las ratas fueron expuestas a dos sesiones diarias de habituación, en cada una de ellas permanecen media hora en una sola de las cajas con acceso restringido a la otra. En la segunda fase (al tercer día) se les permitió el acceso al otro compartimiento por 15 minutos durante una sesión. Las ratas fueron clasificadas en base al tiempo invertido en el compartimiento desconocido respecto al conocido.

Prueba de reconocimiento de objeto novedoso: Las ratas clasificadas fueron expuestas a un laberinto en Y, donde al final de cada brazo se colocó un objeto idéntico al otro. En la primera fase de la prueba se registró el tiempo que la rata invertía explorando cada objeto. Dicha fase terminó cuando la rata exploró los objetos por tres minutos. Después de un intervalo de 3 horas en el que las ratas permanecieron en sus cajas de confinamiento, se reemplazó uno de los objetos iniciales por un objeto novedoso

(contrabalanceando la posición). Las ratas fueron expuestas de nuevo al procedimiento por dos minutos y se registró la cantidad de exploración (tocar el objeto o dirigir la nariz hacia este a una distancia menor a 1 cm.) del objeto novedoso respecto del conocido (no especifica criterio de clasificación).

Muestreo de corticosterona: A 9 ratas SHI y 8 SLI se les insertó un catéter yugular para extraerles muestras de corticosterona después de la prueba de novedad inescapable.

Los resultados indicaron que las ratas SLI y SHI no tuvieron diferencias en la prueba de novedad inescapable.

Durante la prueba de elecciones seriadas bajo los efectos del diazepam, se encontró que con la administración del vehículo las ratas se comportaron conforme a su clasificación, mostrando las ratas SHI mayor cantidad de respuestas prematuras, pero al administrar el fármaco en la dosis más alta el contraste entre las ratas SHI y SLI se redujo en cuanto a la precisión de las respuestas. No obstante, las ratas SHI continuaron emitiendo mayor cantidad de respuestas prematuras.

En cuanto a la prueba del laberinto elevado se encontró que con la administración del vehículo y con diazepam no hubo diferencias en la cantidad de tiempo invertido en los brazos abiertos. Pero con la administración del vehículo las ratas SHI tuvieron menores latencias para entrar por primera vez en los brazos abiertos.

Durante la prueba de preferencia por el lugar novedoso se encontró que las ratas SHI exploraron ligeramente más el compartimiento novedoso en comparación con las ratas SLI, pero esta diferencia no alcanzó significancia estadística.

En la prueba de reconocimiento del objeto novedoso, se encontró que durante la primera fase las ratas SHI exploraron mayor tiempo los objetos en comparación con las ratas SLI. Durante la segunda fase se encontró que las ratas SHI exploraron durante mayor tiempo el objeto novedoso que el objeto familiar. En el caso de las ratas SLI la exploración del objeto novedoso y familiar fue casi idéntica. Al comparar la exploración del objeto novedoso entre las ratas SHI y SLI se encontró que no hubo diferencias estadísticamente significativas.

Al realizar el muestreo de corticosterona se observó que en comparación con la condición control las ratas tuvieron mayores niveles sanguíneos de corticosterona después de la prueba de actividad locomotriz. Al comparar a las ratas SHI y SLI no se encontraron diferencias en sus niveles sanguíneos de corticosterona.

Los resultados de este trabajo son discutidos en términos de una falta de correlación consistente entre impulsividad, novedad y ansiedad, lo cual sugiere de acuerdo con Molander et al. (2011) que el fenotipo de búsqueda de novedad no es un componente significativo de la impulsividad. No obstante, esta consideración puede resultar bastante discutible debido a que la impulsividad sí correlacionó con algunas medidas de búsqueda de novedad e impulsividad. Además es necesario notar que el procedimiento de evaluación de la impulsividad solo evalúa un componente de ésta: la inhibición de la respuesta.

Considerando el método utilizado para evaluar la ansiedad en este trabajo, lo que se observa es que existe una ligera correlación entre la incapacidad para inhibir las respuestas como componente de la impulsividad y ciertos marcadores conductuales de ansiedad y búsqueda de novedad. Al usar la mayor dosis de diazepam y aumentar el número de respuestas prematuras en las ratas SHI (que ya en condiciones basales son mayores que en las ratas SLI) se observa que es posible que exista una correlación inversa entre la ansiedad y la conducta impulsiva, de modo al reducir la ansiedad con diazepam es posible aumentar la conducta impulsiva. El mayor tiempo invertido de las ratas SHI en el compartimiento novedoso en comparación con el compartimiento familiar, sugiere una relación entre la incapacidad para inhibir la respuesta y la propensión por la novedad; lo mismo puede apreciarse en el caso de la prueba de reconocimiento del objeto novedoso.

Tal como se ha mencionado, tanto impulsividad como ansiedad son procesos que han mostrado tener un efecto en la propensión al riesgo experimentalmente manipulado. Siendo que la impulsividad se asocia a la propensión al riesgo y la ansiedad se asocia eventualmente con la aversión al riesgo, en general los hallazgos del trabajo de Molander et al. (2011) apoyarían la predicción de que la búsqueda de novedad tendería a provocar propensión, pudiendo ser una de las variables mediadoras la incapacidad para inhibir la respuesta.

En términos generales muchos de los trabajos en el rasgo de búsqueda de novedad se han dedicado a abordar los procesos aquí mencionados; estrés, impulsividad y ansiedad, así como otros procesos que a su vez se asocian con estos (por ejemplo, la depresión). Otros trabajos se han dedicado a averiguar cuáles son los perfiles neurológicos que subyacen al rasgo, así como las condiciones ambientales y de cuidados parentales que propician la aparición del rasgo. Una parte importante de la discusión se encuentra en relación a qué es exactamente lo que modela dicho rasgo, es decir, qué procesos aparecen más consistentemente relacionados con el rasgo. Para revisiones relacionadas con varios de estos aspectos puede consultarse el trabajo de Langraf y Wigger (2002) en relación a diferencias en ansiedad, habilidades cognitivas, estrés, características de sueño y diferencias

ambientales, así como el trabajo de Blanchard, Mendelsohn, y Stamp (2009) en relación a diferencias endocrinas, en neurotransmisores, ansiedad y estrés. Cabe señalar, además, que recientemente el rasgo de búsqueda de novedad se ha asociado también con la conducta agresiva en ratas (Kerman et al. 2011), lo cual indica que el alcance del modelo aún no ha sido definido por completo.

Conforme a lo expuesto hasta aquí el rasgo de búsqueda de novedad puede estar generando diferencias en procesos conductuales como la reactividad al estrés, ansiedad e impulsividad en sus diferentes marcadores conductuales. Debido a lo relativamente inconsistente de los resultados, no es posible determinar con precisión cuál de estos procesos conductuales es el que se está modelando con el rasgo de búsqueda de novedad. Este hecho evidentemente introduce una dificultad al momento de tratar de establecer una relación entre la búsqueda de novedad y la propensión al riesgo, ya que es posible que las ratas LR y HR muestren propensión o aversión al riesgo sin saber cuál es exactamente el proceso alterado que determinó sus elecciones.

Para finalizar esta apartado se describirán algunos trabajos en seres humanos donde se ha asociado el rasgo de búsqueda de novedad con la propensión al riesgo en alguna de sus manifestaciones. Dado que el rasgo de búsqueda de novedad ha sido asociado a determinados polimorfismos[36], se incluirán también trabajos donde se observa el efecto de los genes en la propensión al riesgo.

Una de las demostraciones más claras de la relación entre búsqueda de novedad y riesgo se encuentra en el trabajo de Roussos, Giakoumaki y Bitsios (2009), quienes estudiaron la relación entre el gen DRD4, la propensión al riesgo y las diferencias en ciertos procesos cognitivos. Se emplearon 130 hombres expuestos a diferentes procedimientos y escalas. Primero pasaron por una evaluación fenotípica[37] mediante muestras de sangre; ésta arroja la clasificación S-DRD4 (presencia del exón corto de allelo DRD4) y L-DRD4 (presencia del exón largo del

[36] En genética un polimorfismo es en términos generales: “Una localización dentro de un gen que viene en múltiples formas” (Dick, 2011) (p. 392). En dicho campo de estudio también se utiliza la expresión polimorfismo funcional para referirse a: “Una secuencia variante de un gen presente a más del 1% en un población, que afecta la regulación del gen y/o el funcionamiento de sus productos proteínicos” (Hariri, 2009) (p. 227). En general los polimorfismos referidos en este apartado son polimorfismo funcionales.

[37] El fenotipo es en términos generales: “El resultados observado bajo estudio; puede ser la manifestación de factores genéticos y/o ambientales” (Dick, 2011) (p. 394). Es decir, es la expresión del genotipo.

alelo[38] DRD4). La clasificación anterior se asocia con elecciones arriesgadas tal como lo muestra este trabajo y con otras manifestaciones del riesgo que se mencionarán posteriormente). Los sujetos clasificados fueron expuestos a los siguientes procedimientos.

Cuestionario tridimensional de personalidad de Cloninger: Este cuestionario evalúa rasgos como: búsqueda de novedad, evitación del daño y dependencia del reforzador.

Evaluación cognitiva: Esta categoría incluyó IOWA, tarea de Cambridge, y una evaluación de modulación del susto.

En este caso al IOWA se les considera una tarea cognitiva por los procesos que se supone intervienen en ella. La tarea se administró con 5 bloques de 20 ensayos y se registró la proporción de elecciones ventajosas, la cantidad de dinero ganado y la tasa de aprendizaje (proporción de elecciones ventajosas de bloque a bloque).

Tarea de Cambridge: Esta es una tarea de planeación en donde los sujetos deben ordenar ciertos patrones de bolas o bloques con la mínima cantidad de movimientos posibles. Conforme avanza la tarea, aumenta la cantidad mínima de movimientos necesarios para completar el patrón. En este caso se registra el tiempo inicial de planeación antes de efectuar los movimientos y el tiempo de ejecución. Se considera que esta tarea evalúa funciones ejecutivas.

Evaluación de modulación del susto: La tarea consiste en la presentación de 54 fotos (18 placenteras, 18 displacenteras y 18 neutrales) durante 6 segundos cada una. De esas imágenes 36 (12 para categoría) fueron acompañadas de una prueba acústica (50 milisegundos de ruido blanco que evocaba una respuesta de sobresalto). De las 12 pruebas presentadas en cada categoría, 4 fueron presentadas 300, 3000 y 4500 milisegundos después del inicio de la imagen. 6 imágenes de cada categoría no fueron seguidas de sonido, de tal modo que fuera posible incrementar lo impredecible del estímulo que provocaría el sobresalto. Adicionalmente se usaron 15 sonidos aleatorizados durante los intervalos entre imágenes (pantallas blancas de 6 segundos). Como

[38] En términos generales un alelo es: "Una variación normal en la secuencia genética; puede ser un cambio en un simple nucleótido o largos tramos de DNA" (Dick, 2011) (p. 392). Los exones son las partes de los genes con contienen la información para producir las proteínas codificadas por estos.

medida de sobresalto o susto se registró la actividad electromiográfica del ojo izquierdo (a mayor actividad mayor susto).

Los resultados mostraron que la clasificación fenotípica arrojó 94 sujetos S-DRD4 y 24 L-DRD4. Al aplicar la prueba tridimensional se encontró que el rasgo de búsqueda de novedad fue mayor en los sujetos L-DRD4, mientras que los rasgos de dependencia del reforzador y evitación del daño fueron menores. En relación a la prueba de Cambridge no se encontraron efectos en la clasificación fenotípica.

Respecto a la ejecución en el IOWA se encontró que los sujetos L-DRD4 eligieron más cartas desventajosas, ganaron menos dinero y su tasa de aprendizaje fue mucho menor en comparación con los sujetos S-DRD4. La diferencia fue estadísticamente significativa para las tres medidas.

En relación a la prueba de modulación del susto se observó que los efectos de los ensayos de prueba (ensayos con sonidos) y las diferentes categorías de las imágenes fueron mucho más robustos para los sujetos S-DRD4. En general la respuesta de sobresalto fue mayor para las imágenes displacenteras, después las neutrales y finalmente las placenteras. Esta respuesta de sobresalto fue mayor mientras más se demorara el sonido en presentarse, siendo mayor con los valores de 4500 milisegundos, después con 3000 milisegundos y finalmente con 300 milisegundos. Este efecto de sobresalto fue más claro y más pronunciado para los sujetos S-DRD4, mientras que en el caso de los sujetos L-DRD4 las respuestas de sobresalto fueron menores y la única diferencia estadísticamente significativa fue entre las imágenes placenteras y displacenteras, estando las segundas por encima de las primeras en la intensidad del sobresalto generado.

Una limitación importante de este trabajo es que la cantidad de sujetos S-DRD4 fue mucho mayor que la cantidad de sujetos L-DRD4. No obstante, este trabajo muestra claramente una asociación entre el rasgo de búsqueda de novedad en humanos, el exón largo del gen DRD4 y las elecciones arriesgadas y desventajosas en el IOWA. De este modo, la clasificación fenotípica se presentan como una variable importante al momento de predecir propensión al riesgo, tal como se sugirió al describir el trabajo de Rivalan et al. (2009). Es necesario notar que aunque el efecto es bastante claro, no es posible determinar cuál fue el mecanismo alterado que provocó las diferencias en ejecución durante el IOWA, ya que aun considerando el hecho de que los sujetos mostraron diferencias en la prueba de sobresalto, no es posible determinar si esas diferencias en las respuestas de sobresalto consideradas como medida de “emotividad” intervinieron y determinaron la ejecución durante el IOWA, ello considerando además que se ha mostraron que el IOWA evalúa varios procesos. A partir de lo anterior, la relación

entre búsqueda de novedad y propensión al riesgo puede estar siendo determinada por otros procesos conductuales alterados que no fueron evaluados en este trabajo.

Zabel et al. (2009) estudiaron la correlación del rasgo de búsqueda de sensaciones con el riesgo financiero, conocimiento en inversiones y variables demográficas. En su trabajo se emplearon 299 sujetos (61% mujeres) que fueron expuestos a los siguientes inventarios y procedimientos en el mismo orden en el que se describen:

Prueba de riesgo: Los sujetos debían invertir de 10000 a 50000 dólares en elecciones hipotéticas entre 13 fondos riesgosos o seguros. A los sujetos se les indicaba la desviación estándar de cada fondo. La propensión al riesgo se estableció multiplicando la cantidad invertida por la desviación estándar del fondo.

Escala de búsqueda de sensaciones (BSSS): Consiste en una versión de 8 ítems donde los sujetos respondían qué tanto desearían involucrarse en experiencias nuevas, emocionantes y arriesgadas.

Escala de conocimiento en inversiones: La escala evalúa principios básicos de las inversiones tales como: "Si tu inversión produce un retorno promedio anual del 10% ¿En aproximadamente cuántos años se duplicará tu dinero?"

Variables demográficas reportadas: este apartado incluyó edad, sexo, estatus socioeconómico. Adicionalmente se aplicó un cuestionario respecto a ideas políticas. Dicho cuestionario arrojaba una clasificación que establecía valores de orientación política desde muy liberal (1) hasta muy conservador (7).

Los resultados mostraron una correlación negativa entre las variables de edad y la propensión al riesgo. La búsqueda de sensaciones correlacionó negativamente con la edad y positivamente con la propensión al riesgo con una orientación política liberal. A su vez el conocimiento en inversiones correlacionó positivamente con la edad, teniendo los hombres mejores puntajes que las mujeres.

Se consideró la posibilidad de que el rasgo de búsqueda de sensaciones pudiera ser una variable mediadora del riesgo, ello asumiendo que una variable mediadora cumple con las siguientes características: la variable predictora (en este caso la edad) debe estar relacionada con la variable criterio (en este caso la propensión al riesgo), la variable predictora debe estar relacionada con la variable mediadora (en este caso el rasgo de búsqueda de sensaciones), la variable mediadora debe estar relacionada con la variable criterio y,

finalmente, si se elimina el efecto de la variable mediadora la relación entre la variable predictora y la variable criterio se reduce significativamente.

Así, para verificar si el rasgo de búsqueda de sensaciones era una variable mediadora entre la edad y la propensión al riesgo se realizó un análisis de regresión parcial controlando la variable de búsqueda de novedad y se encontró que al controlar dicha variable la correlación desapareció, de modo que la variable de búsqueda de novedad apareció como variable mediadora entre la edad y la propensión al riesgo.

Este trabajo muestra que existe una correlación entre el rasgo de búsqueda de sensaciones y la propensión al riesgo. El hecho de que el rasgo de búsqueda de novedad haya correlacionado negativamente con la edad es algo que concuerda con hallazgos con ratas, donde las ratas adolescentes muestran mayores conductas exploratorias en comparación con las ratas adultas (Stansfield & Kirstein, 2005). Si se considera a la búsqueda de novedad como una tendencia conductual innata que bajo ciertas condiciones puede incrementar la tasa de ganancias durante la búsqueda de alimento, así como las oportunidades de apareamiento (teniendo como costo un aumento en el riesgo predatorio o de otro tipo), resultaría comprensible desde el punto de vista de la selección natural y sexual el hecho de que dicha tendencia disminuya conforme avanza la edad. Considérese como evidencia indirecta el hecho de que el mismo polimorfismo que se ha asociado a la búsqueda de novedad (DRD4) y a la propensión al riesgo, también se ha sugerido como causa de la migración de los primeros homínidos (Roussos et al. 2009), y se le ha correlacionado con la promiscuidad y la infidelidad (García et al. 2010). A partir de lo anterior, el rasgo de búsqueda de novedad puede entenderse como una consecuencia de la selección natural y la sexual, que permanece en mayor o menor grado en los individuos.

Por otro lado, el hecho de que el rasgo de búsqueda de novedad haya aparecido como mediador de la relación entre edad y propensión al riesgo, sugiere que la búsqueda de novedad, puede manifestarse en la forma de propensión al riesgo como preferencia por la variabilidad. Esto no descarta la posibilidad de que el rasgo pueda tener otras manifestaciones asociadas al riesgo (las cuales podría ser variables dependiendo del procedimiento empleado), ya sea de forma directa o como mediador.

Asumiendo que el rasgo de búsqueda de novedad favoreció la migración y expansión de los primeros seres humanos, quedaría por aclarar cómo es que el rasgo se conservó una vez que los humanos dejaron de ser nómadas. Al respecto se ha sugerido que el rasgo pudo continuar siendo adaptativo por otras razones, por ejemplo, favoreciendo mediante la exploración las estrategias de búsqueda de alimento en lugares desconocidos

y las oportunidades de apareamiento, tal como se ha mencionado. Aunque la cuestión no ha sido resuelta por completo, es un hecho que los humanos presentan diferencias individuales en dicho rasgo, mismas que son heredables e identificables en ciertos polimorfismos. Esto coloca necesariamente a las variaciones en los polimorfismos como una variable relevante que puede determinar la propensión al riesgo. Los siguientes trabajos describirán algunos hallazgos al respecto.

Kuhnen y Chiao (2009) emplearon 65 sujetos (26 hombres y 39 mujeres), que fueron clasificados en base al análisis de los polimorfismos 5-HTTLPR y DRD4. La muestra final consistió en 21 sujetos portadores del alelo corto, 44 portadores del alelo largo, 15 portadores del alelo 7-repetido y 50 no portadores de éste (eso en relación al polimorfismo DRD4).

Los sujetos fueron expuestos a un procedimiento de elección y posteriormente al procedimiento de clasificación fenotípica. En el procedimiento de elección a los sujetos se les asignó un presupuesto inicial "x", los sujetos podían invertir la cantidad asignada en un juego (opción) arriesgado o uno no arriesgado durante 96 ensayos. Lo que no se invierte en un juego, automáticamente se invierte en el otro, siendo los valores de x 8 o 13. En una versión del juego los sujetos fueron informados de que la opción arriesgada podía entregar dos resultados con igual probabilidad y los sujetos conocían esos dos resultados; en otra versión del juego a los sujetos se les informaba del resultado esperado y de la desviación estándar. Dado que no hubo diferencias en la ejecución durante las dos versiones para el análisis de datos se combinaron ambas versiones. En este caso la opción arriesgada entregaba dos posibles resultados equiprobables pero desconocidos al momento de efectuar la elección, mientras que la opción no arriesgada entregaba una cantidad fija y conocida. Durante cada ensayo se variaron los valores de las opciones (el artículo no específica más sobre los valores de las opciones). Lo que se registró durante el procedimiento de elección fue la cantidad invertida en la opción arriesgada respecto a de la opción fija. Para poder establecer la propensión al riesgo se promediaron las inversiones a lo largo de los 96 ensayos, y se utilizó un modelo que permite establecer la ejecución de una población promedio, tomando esto como punto de comparación.

Los resultados mostraron que, en general, los participantes eligieron la opción arriesgada cuando el retorno esperado fue grande, la desviación fue pequeña o cuando el pago de la opción constante era pequeño. La preferencia por las opciones arriesgadas correlacionó con ambos polimorfismos. Los sujetos con dos copias del alelo corto del polimorfismo 5-HTTLPR invirtieron 2.69 dólares (sobre el 28% de la cantidad promedio que se

invierte en la opción arriesgada) menos en la opción arriesgada en comparación con los sujetos portadores del alelo largo. Los sujetos portadores del alelo 7 repetido en el polimorfismo DRD4 invirtieron 2.4 dólares (sobre el 25% de la cantidad promedio que se invierte en la opción arriesgada) más en la opción arriesgada en comparación con los sujetos no portadores del alelo 7 repetido.

En otro trabajo Dreber et al. (2009) estudiaron la relación entre el polimorfismo 7R del gen DRD4 y la propensión al riesgo. En su trabajo se emplearon 98 hombres entre 18 y 23 años. A los sujetos se les tomaron muestras de saliva para la clasificación fenotípica y posteriormente llenaron un cuestionario sobre actitudes hacia el riesgo. Para la evaluación de la propensión al riesgo, los sujetos hicieron inversiones hipotéticas con un presupuesto inicial de 250 dólares, del cual podían invertir de 0 a 250 en una opción arriesgada que tiene .5 de probabilidades de multiplicar la inversión por 2.5; en caso de que el dinero no se multiplique se perdía en su totalidad. El dinero que no se invirtió en la opción arriesgada automáticamente se acumulaba en favor de los sujetos. Al final uno de los sujetos era elegido al azar y recibía el pago real del resultado de su inversión. Se tomó como medida de riesgo la cantidad de dinero invertido.

Con los resultados de las muestras de saliva los sujetos fueron clasificados en base a la presencia o ausencia del alelo 7R en el polimorfismo DRD4 y de acuerdo a la presencia y ausencia del alelo A1 en el polimorfismo DRD2. De este clasificación se obtuvieron 24 sujetos con al menos una copia del alelo 7R y 70 sin el alelo 7R en el polimorfismo DRD4. Los sujetos con al menos una copia del alelo 7R invirtieron en promedio 39 dólares más en comparación con los individuos sin el alelo 7R; esto implica que el 5% de la variación en la cantidad de dinero invertido puede explicarse por la presencia del alelo 7R. En el caso del polimorfismo DRD2 la presencia o ausencia del alelo A1 no provocó diferencias en la cantidad de dinero invertido.

Dado que el alelo mencionado regula la expresión de receptores de dopamina, se menciona en la discusión la posibilidad de que el efecto mediador de riesgo de alelo 7R puede estar asociado a una respuesta disminuida hacia la dopamina. No obstante, no es posible confirmar esto debido a que los efectos de la dopamina en la toma decisiones son relativamente desconocidos. Al respecto, cabe señalar que las diferencias en las funciones asociadas a la dopamina se han mostrado como variables relevantes en la conducta adictiva y el procesamiento del reforzamiento (Yacubian & Büchel, 2009), siendo especialmente relevante este último en la toma de decisiones (por ejemplo, en el caso de la sensibilidad a las ganancias). Además, es necesario recordar que en el modelo de búsqueda de novedad estas diferencias también han sido encontradas (Flagel et al. 2010), por lo que

las diferencias en actividad dopaminérgica pueden estar afectando la propensión al riesgo, estando presentes en el rasgo de búsqueda de novedad o en alguna otra variación en polimorfismos. Como evidencia adicional de la asociación entre el polimorfismo DRD4 y la propensión al riesgo, puede consultarse el trabajo de Dreber et al. (2011) donde de nuevo se encuentra una correlación entre la presencia del alelo 7R y la propensión al riesgo en una tarea de inversiones hipotéticas.

Los trabajos mostrados hasta aquí en relación al efecto de los genes en la propensión al riesgo han mostrado correlaciones que, a pesar de ser modestas (en el sentido de que los efectos no son tan claros como los encontrados en ratas), resultan ser estadísticamente significativas. No obstante, existe también evidencia donde las correlaciones encontradas no alcanzan diferencias estadísticamente significativas. Por ejemplo, en el trabajo de Roe et al. (2009) se reportan correlaciones entre el gen receptor de nicotina (CHRNA4, rs4603829 y rs4522666) y los rasgos de búsqueda de novedad, actitudes hacia el riesgo y evitación del dolor, sin alcanzar significancia estadística. Esto se debe probablemente a que el estudio de los genes y su relación con el riesgo es algo relativamente reciente y poco desarrollado, además de que los determinantes de las decisiones humanas son más numerosos y complejos que en las ratas.

Al margen de las inconsistencias encontradas, el efecto de los genes en la toma de decisiones se presenta como una variable relevante en el estudio del riesgo. El tema en general guarda relación con varias de los mecanismos aquí mencionadas en los diferentes apartados, tales como la sensibilidad al reforzador, impulsividad y la sensibilidad a las pérdidas. No obstante, debido a la amplitud del tema y para los fines de este trabajo, no será necesario describir otros trabajos al respecto. Bastará con asumir que el rasgo de búsqueda de novedad y sus efectos sobre la propensión al riesgo puedan estar siendo determinados por los polimorfismos y los procesos alterados a los que aparece asociado, tal como se ha mostrado en algunos de los trabajos descritos. De modo que el posible efecto del rasgo de búsqueda de novedad en la propensión al riesgo puede estar siendo mediado o determinado por factores genéticos. Como una muestra de la amplitud del tema puede consultarse el trabajo de Homberg (2012) que consiste en una revisión sobre los polimorfismos asociados al funcionamiento serotoninérgico y sus efectos sobre la toma de decisiones. Como se observará solo para un polimorfismo pueden encontrarse diversos trabajos que muestran resultados variables en relación a la toma de decisiones.

OBJETIVO

El estudio de la sensibilidad al riesgo tuvo un importante punto de partida con la teoría del forrajeo y el modelo del presupuesto de energía planteado por Stephens (1981). Dicho modelo ha logrado explicar la preferencia por la variabilidad bajo diferentes circunstancias y especies. No obstante, debido a las diversas inconsistencias encontradas en los resultados, surgió la posibilidad de que la preferencia por la variabilidad (al aumentar el grado de privación) en la cantidad o en la demora del reforzador pudiera estar determinada por otras variables diferentes o incluso contrarias a la suposición básica del modelo del presupuesto de energía, esto es, la minimización de las probabilidades de morir de hambre.

Al observar los efectos de los fármacos y la inducción de estados en el organismo, es posible notar que el efecto de preferencia por la variabilidad puede ser replicado sin manipular el grado de privación, e incluso bajo condiciones en las que escoger la opción variable no minimizaría las probabilidades de supervivencia ni maximizaría las ganancias. Además, al observar los diversos efectos que tiene la privación alimenticia en la conducta surge la posibilidad de que el efecto de preferencia por la variabilidad al aumentar el grado de privación pueda ser consecuencia de procesos conductuales alterados más que de una tendencia a la maximización de la ganancia o la disminución de la probabilidade de morir de hambre. Así, la idea de que la preferencia por la variabilidad puede ser la consecuencia de procesos conductuales alterados puede sustentarse con los hallazgos en farmacología conductual, manipulación de estados y efectos de la privación alimenticia.

Algunos de los procesos conductuales que intervienen en la propensión al riesgo son: impulsividad, estimación temporal, inhibición de la respuesta, sensibilidad al reforzador, sensibilidad a las pérdidas y sensibilidad hacia las ganancias. Estos procesos afectan la preferencia por la variabilidad en diferentes tipos de tareas que evalúan riesgo, aunque dichas tareas no correspondan siempre con las características de los procedimientos habitualmente usados en sensibilidad al riesgo. De modo que el estudio de la sensibilidad al riesgo como preferencia por la variabilidad, no se limita necesariamente a los supuestos y especificaciones metodológicas empleadas por el modelo del presupuesto de energía.

Estudiar el efecto de los procesos alterados en la preferencia por la variabilidad mediante la administración de fármacos y la manipulación de estados, muestra que los efectos encontrados suelen ser además dependientes de diferencias individuales e incluso diferencias sexuales, de modo que los organismos en

condiciones naturales (es decir, sin manipular estados y sin administrar fármacos) muestran diferencias en procesos conductuales que intervienen con la propensión al riesgo. Por lo tanto, el estudio de las diferencias individuales en procesos conductuales es una forma de estudiar el modo en que afectan los procesos conductuales alterados en la propensión al riesgo.

De la observación de las diferencias individuales en procesos conductuales (tales como la impulsividad, la ansiedad y la búsqueda de novedad) y sus efectos sobre la propensión al riesgo, es posible notar que ciertos rasgos conductuales afectan de forma relativamente consistente la propensión al riesgo y que dichos rasgos son heredables.

El estudio de la novedad resulta de interés en este trabajo debido a que al observarla tanto como propiedad de los estímulos y tanto como rasgo, puede afectar la preferencia hacia cierto tipo de opciones en animales y humanos. Además dada la similitud entre ciertas propiedades de la novedad y del riesgo (por ejemplo, el cambio y la aleatoriedad) es posible pronosticar una relación entre la preferencia por el riesgo y la preferencia por la novedad. Considerando además el rasgo de búsqueda de novedad en ratas y humanos, se observa que varios de los procesos alterados que afectan la propensión al riesgo, son procesos que aparecen alterados en el rasgo de búsqueda de novedad. Así, la evidencia respecto a la novedad entendida como propiedad de los estímulos y como rasgo permite sustentar la idea de que existe una relación entre búsqueda de novedad y riesgo.

La evidencia disponible en seres humanos muestra que el rasgo de búsqueda de novedad aparece asociado a la propensión al riesgo, y que ya ha sido identificado el polimorfismo que genera dicho rasgo (aunque cabe señalar que el polimorfismo no puede explicar todos los casos de propensión al riesgo). Aunque ciertos hallazgos muestran la asociación entre el polimorfismo y la propensión al riesgo, no es posible especificar cuál es el mecanismo alterado que puede dar cuenta de la propensión al riesgo. No obstante, estos hallazgos indican que la preferencia por el riesgo puede estar mediada por la búsqueda de novedad y que esta última puede ser el resultado de variables genéticas cuyo efecto determina la preferencia por el riesgo incluso más que otras variables habitualmente utilizadas.

En el caso de las ratas, la revisión realizada no muestra que la relación entre búsqueda de novedad como rasgo y la propensión al riesgo haya sido estudiada, y esta relación puede resultar relevante para poder establecer el efecto de otras variables que afectan la propensión al riesgo.

Considerando esto en conjunto, el objetivo general de este trabajo es estudiar la relación entre el rasgo de búsqueda de novedad en ratas y la sensibilidad al riesgo.

El objetivo se justifica debido a que estudiar la relación entre búsqueda de novedad y sensibilidad al riesgo, contribuiría en un sentido general al estudio de las diferencias individuales y las variables genéticas que intervienen en la toma decisiones. En un sentido más particular, permitiría ampliar las predicciones del modelo de búsqueda de novedad en ratas (o cuando menos contrastarlas) y permitiría encontrar otros mecanismos que intervienen en la sensibilidad al riesgo, mismos que no han sido considerados en su formulación inicial. En este sentido, el estudio resulta relevante para la psicología comparada (en la medida de que el rasgo de búsqueda de novedad modela el rasgo de búsqueda de sensaciones en humanos), para el estudio de la diferencias individuales (al aportar datos respecto a las manifestaciones conductuales del rasgo en cuestión) y para la teoría del forrajeo (al postular otros posibles mecanismos que determinan la sensibilidad al riesgo).

EXPERIMENTOS

Experimento 1

Con el objetivo de observar el efecto de las opciones novedosas en ratas clasificadas como LR y HR, se estableció una tarea que pudiera simular un procedimiento de elección con riesgo pero incluyendo la presentación de opciones novedosas.

A un total de 20 ratas se les aplicó una prueba de novedad, misma que consistió en términos en generales en una tarea que permitiera a la rata expresar su preferencia o aversión a la novedad en términos de la cantidad de tiempo que invierte explorando un ambiente novedoso. Aquellas con puntuaciones más extremas, las correspondientes a los grupos LR y HR, fueron seleccionadas para la exposición posterior a una tarea de sensibilidad al riesgo.

Los valores de demora empleados para las opciones en la tarea de elección fueron tomados del experimento de Zabludoff, Wecker y Caraco (1988), dado que los autores, utilizando el procedimiento que será descrito, encontraron un efecto de preferencia por la variabilidad en ratas.

La manipulación de las opciones novedosas fue establecida atendiendo a dos de las propiedades propuestas por Berlyne (1960) en relación a la novedad: complejidad y cambio. En esta medida, las opciones novedosas se configuraron empleando luces cuyo grado de complejidad y cambio es mayor que el de las opciones familiares.

Sujetos

Se utilizaron 20 ratas wistar (machos) experimentalmente ingenuas y de aproximadamente 3 meses de edad al inicio del experimento.

Aparatos y materiales

Prueba de novedad

La prueba de novedad consistió en la adaptación de un procedimiento denominado prueba de elección libre que consiste en una tarea donde la propensión a la novedad se estima por el tiempo explorando un ambiente desconocido (para conocer los detalles del procedimiento original véase el trabajo Zhu et al. 2007). Para la adaptación del procedimiento se utilizó el instrumento que aparece en la Figura 1.

Este instrumento consta de una caja operante (caja de inicio) unida a otras tres cajas operantes (ajas de exploración) mediante puentes de acrílico transparente. Cada uno de ellos midió 60 cm. de largo, 9 cm. de ancho y 16.5 cm. de alto. Para poder registrar el tiempo invertido en cada parte del instrumento se colocaron sensores en tres segmentos diferentes de cada puente, de modo que con la interrupción de los sensores fue posible determinar en qué partes del instrumento se encuentra.

La prueba consistió en las siguientes fases:

Fase de habituación (dos sesiones).- Durante sesiones diarias de 30 minutos la rata se colocó en la caja de inicio sin acceso a los puentes o a las cajas de exploración.

Fase de exploración (una sesión).- Al tercer día, la rata se colocó en la caja de inicio y se le permitió acceso a los puentes y a las cajas de exploración durante 15 minutos. Se registró el tiempo que invirtió en los puentes y en las cajas de exploración. El tiempo invertido en los puentes y las cajas de exploración se tomó como indicador de propensión a la novedad. De modo que las ratas que invirtieron más tiempo en exploración fueron consideradas como de alta propensión a la novedad (HR) y las que invirtieron menos tiempo fueron consideradas de baja propensión a la novedad (LR).

Durante la prueba de novedad las ratas no estuvieron bajo ningún régimen de privación y no se les presentó ningún tipo de estimulación o manipulando dentro de las cajas.

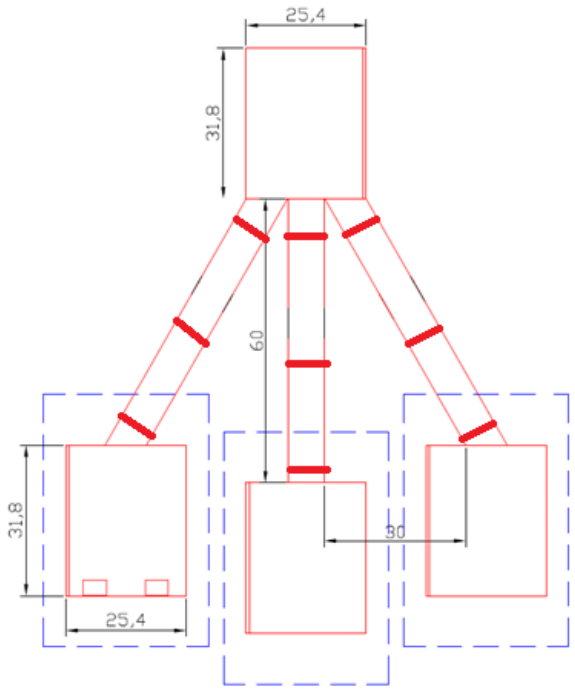

Figura 1.- Instrumento utilizado para la prueba de novedad.

Prueba de elección

La prueba de elección se realizó en cajas operantes diferentes a las empleadas en la prueba de novedad. Se utilizaron dos cajas operantes MED, modelo ENV-007, cada una con un área de trabajo 31.8 cm. de largo, 25.4 cm. de ancho y 21 cm. de alto.

Diseño y procedimiento

Para determinar si existía una relación entre la clasificación arrojada por la prueba de novedad y la preferencia durante la prueba de elección, se estableció un diseño entre grupos donde se analizó la preferencia en relación a la clasificación HR y LR, dadas dos alternativa que entregaban la misma tasa de ganancia a largo plazo, pero una de ellas siempre arrojaba un valor constante, particularmente en la demora a la consecuencia, en tanto que la otra lo hacía de manera variable. Como consecuencia se entregaban semillas de amaranto.

Se consideraron 4 posibles tipos de alternativas que diferían tanto en el resultado como en la familiaridad o novedad del estímulo discriminativo asociado a ellas.

Las opciones familiares estuvieron señaladas por una luz blanca de tono intenso, en tanto que las opciones variables estuvieron señaladas con una luz también blanca pero de intensidad baja. Las opciones novedosas estuvieron señaladas por combinaciones aleatorias de luces rojas, verdes y blancas. Así, los cuatro tipos de opciones fueron las siguientes:

1. Familiar constante (FC): luz blanca intensa
2. Familiar variable (FV): luz blanca tenue
3. Novedosa constante (NC): luz blanca intensa, verde y roja simultáneamente (las últimas dos parpadeando en una frecuencia que variaba de ensayo a ensayo)
4. Novedosa variable (NV) luz blanca tenue, verde y roja simultáneamente (las últimas dos parpadeando en una frecuencia que variaba de ensayos a ensayo).

Las opciones fijas (FC y NC) entregaban 9 giros de tobela[39] con una demora de 22. 5 segundos. Para las opciones variables (FV y NV) se entregaron 9 giros de tobela con demoras de 5, 10, 25 y 50 segundos, esos valores aplicaron para las opciones familiares y novedosas. En ambos casos el promedio de demora a la consecuencia de ambas alternativas era igual a 22.5 segundos.

En base a esta configuración de estímulos y resultados, se establecieron bloques de ensayos de elección constituidos cada uno de 4 ensayos de no-elección y 2 de elección libre, después de cualquier tipo de elección, una vez entregado el reforzador se introdujo un intervalo de 10 segundos durante el cual las palancas de retraían y todas las luces se apagaban. Los ensayos de no-elección se presentaron en el centro de la caja Las sesiones tuvieron una duración de una hora, de modo que el número de elecciones dependía parcialmente de la ejecución de las ratas.

En un bloque de ensayos típico la rata era expuesta a 4 ensayos de no-elección. En cada ensayo se presentaba una de las alternativas de manera aleatoria, de tal modo que al finalizar los 4 ensayos programados

[39] Equivalentes aproximadamente a .05 gramos de amaranto.

se habían presentado las cuatro alternativas. En cada uno de los 2 ensayos de elección libre la rata era expuesta a dos opciones presentadas simultáneamente tomadas al azar de los 4 posibles tipos, siendo 8 las posibles combinaciones. El uso de ensayos de no-elección se empleó como un componente usual de los procedimientos en sensibilidad al riesgo, donde dichos ensayos sirven para que el animal se exponga al valor de las diferentes alternativas. La tabla 1 muestra la secuencia que siguió el procedimiento.

Fase 1		**Fase 2**	
1	FC		
2	FV		
3	NC		
4	NV		
5	FC-FC		
6	FC-FV	6	FV-FC
7	FC-NC	7	NC-FC
8	FC-NV	8	NV-FC
9	FV-FV		
10	FV-NC	10	NC-FV
11	FV-NV	11	NV-FV
12	NC-NC		
13	NC-NV	13	NV-NC
14	NV-NV		

Tabla 1. Opciones presentadas en cada fase.

Las combinaciones 1, 2, 3 y 4 representan los ensayos de no-elección; el resto de las combinaciones constituyeron ensayos de elección libre. En el caso de las combinaciones 5, 9, 12 y 14 se presentaban combinaciones de la misma alternativa. Tanto los ensayos de no-elección, como las combinaciones en las que se presentaba la misma alternativa, fueron presentados hasta la sesión 35 de la fase 1.

Siguiendo a Stephens (2008), y con la finalidad de bloquear el efecto del sesgo habitualmente observados en condiciones de evaluación por la posición en la que se presentan las alternativas, las posibles combinaciones de opciones aparecieron primero a la izquierda y después a la derecha, de modo que el diseño tuvo dos fases de 45 sesiones. En la fase 2 se invertía la posición en la que se habían presentado las alternativas en la fase 1

Resultados

Prueba de novedad

Inicialmente se realizó la prueba de novedad con 20 ratas. Los resultados mostraron tiempos de exploración cuya distribución no difirió de la distribución normal (Z de Kolmogorov-Smirnov=0.798; $p > 0.05$). Para establecer la clasificación LR/HR se tomaron las ratas del primer y último cuartil de la distribución, tal como se muestra en la Figura 1.

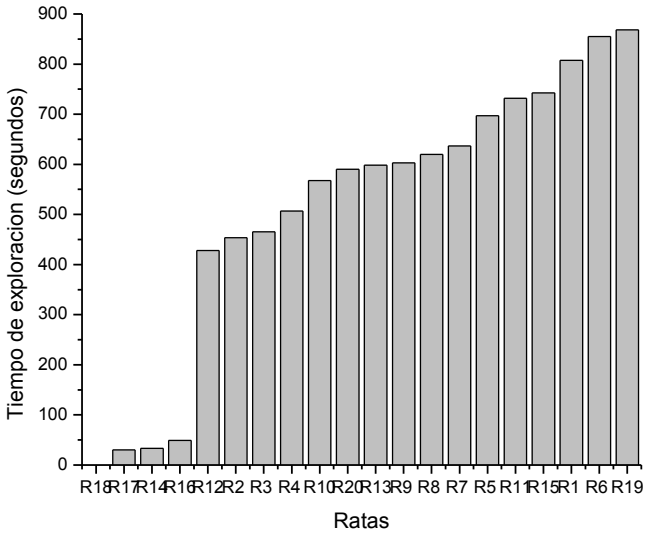

Figura 1.- Distribución de los tiempos de exploración en las 20 ratas evaluadas en la prueba de novedad.

Las ratas seleccionadas fueron posteriormente sometidas a un procedimiento de moldeamiento de las respuesta de palanqueo. Sin embargo, 2 ratas de cada grupo fueros eliminadas del estudio al no mostrar al menos 100 respuestas durante dos días consecutivos en el procedimiento de moldeamiento. De este modo cada uno de los grupos estuvo conformado por 3 ratas.

Procedimiento de elección

Las ratas estuvieron privadas a un 80% de su peso en línea base durante la exposición a la tarea de elección (así es, no estuvieron privadas durante la prueba de novedad).

Se analizó la preferencia en relación a la clasificación HR y LR, con un grado de privación del 80%. Se analizó la preferencia en relación al contexto de elección (las diferentes combinaciones de dos opciones) e independientemente del contexto de elección, esto es, la preferencia hacia cada uno de las cuatro tipos de opciones en relación al total de veces en que aparecieron independientemente de la otra alternativa presentada simultáneamente. Para determinar la preferencia se compararon las elecciones libres durante las 10 primeras sesiones con las elecciones libres durante las 10 últimas sesiones de cada fase, así mismo, se analizó la preferencia de las 10 últimas sesiones de cada una de las fases. Para ello se obtuvieron porcentajes promedio de preferencia por grupo para cada caso, y se compararon empleando una prueba t-student.

Adicionalmente se analizó la latencia de elección hacia cada tipo de opción en ensayos de no-elección y de elección libre.

Se excluyeron de los análisis dos ratas (una de cada grupo, ratas 2 y 5) al mostrar ejecuciones atípicas (se consideró ejecución atípica a un patrón de preferencia contrario al que presentaron las ratas del grupo correspondiente).

Elección dependiente de contexto

Para el contexto FC-FV (véase Figura 2) se observó que la preferencia hacia FV se incrementó en ambos grupos cuando se comparaban las primeras 10 sesiones con las 10 últimas. Este efecto alcanzó significancia estadística para el caso de las ratas LR ($t(16) = -3.944$; $p < 0.01$) pero no para las ratas HR ($t(12) = -.708$; $p = .492$). Aunque ambos grupos mostraron preferencia por la opción FV, las ratas LR la mostraron mayor preferencia que las HR, ($t(19) = 3.175$; $p < .01$). Respecto a la preferencia inicial no hay diferencias estadísticamente significativas entre grupos ($t(0) = 10$, $p = 1$) (así es, de cualquier modo, tú tienes los archivos de salida por si quieres verificarlo), tal como se observa en la Figura 2.

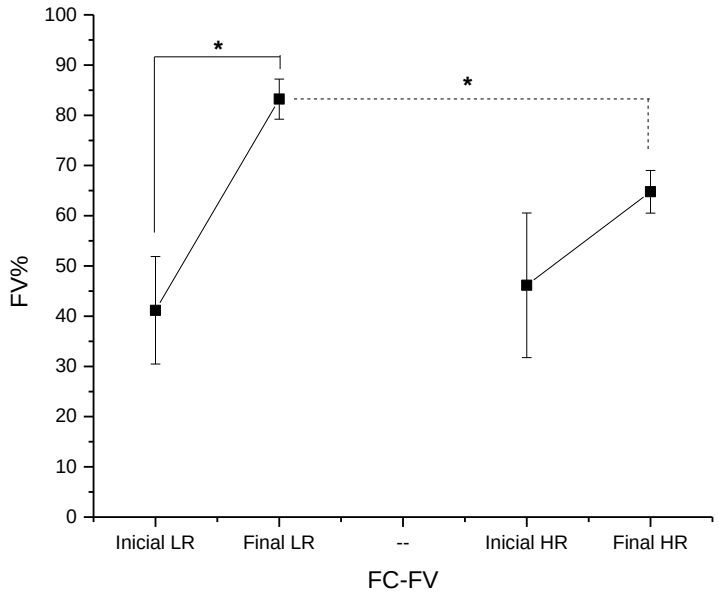

Figura 2.- Preferencias iniciales y finales en el contexto FC-FV (promedios y errores típicos).

Para el contexto FC-NC (véase Figura 3) observó, tanto para las ratas LR ($t(15) = -10.596$; $p < .01$) como para las HR ($t(14) = -4.121$; $p < 0.01$), un aumento estadísticamente significativo en la preferencia hacia la opción NC. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar las preferencias iniciales ($t(13) = -1.963$; $p = .071$) pero si al comparar las preferencias finales entre grupos ($t(19) = 2.484$; $p < 0.05$).

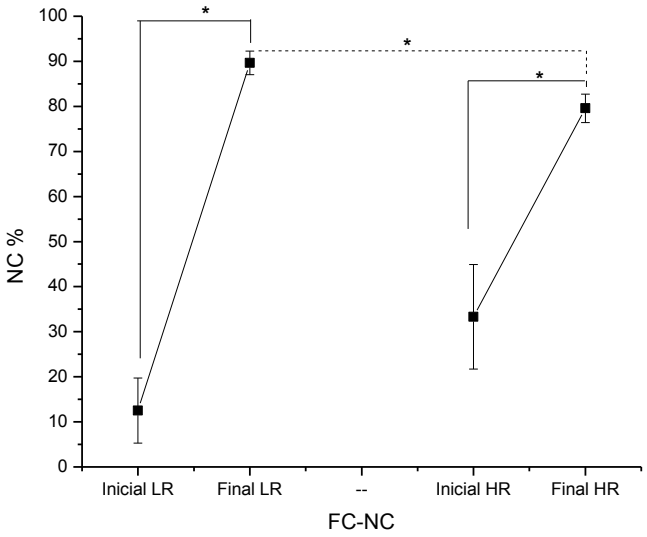

Figura 3.- Preferencias iniciales y finales en el contexto FC-NC (promedios y errores típicos).

En el caso del contexto FC-NV (véase Figura 4) se observó un cambio en la preferencia hacia la opción NV en las ratas LR ($t(18) = -3.524$; $p < 0.05$) y las HR ($t(15) = -3.592$; $p < 0.05$). No hubo diferencias estadísticamente significativas en las preferencias iniciales ($t(14) = .774$; $p = .452$), pero sí en las preferencias finales entre grupos ($t(19) = 2.133$; $p = .046$).

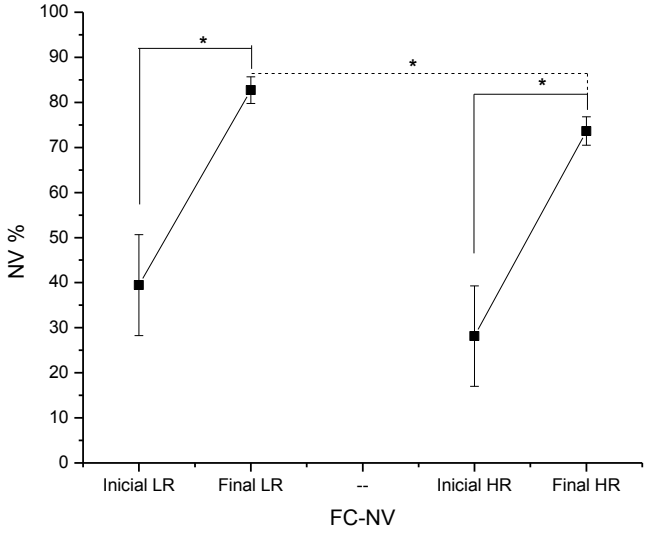

Figura 4.- Preferencias iniciales y finales en el contexto FC-NC (promedios y errores típicos).

En el contexto FV-NC (véase Figura 5), se encontró un cambio en la preferencia hacia la alternativa NC en las sesiones finales. Este cambio en la preferencia resultó estadísticamente significativo tanto para el grupo LR ($t(16) = -4.176$; $p < .01$) como para el HR ($t(16) = -3.609$; $p < .01$). Al analizar las preferencias iniciales ($t(14) = .939$; $p = .364$) y finales ($t(19) = -.715$; $p = .484$) entre grupos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

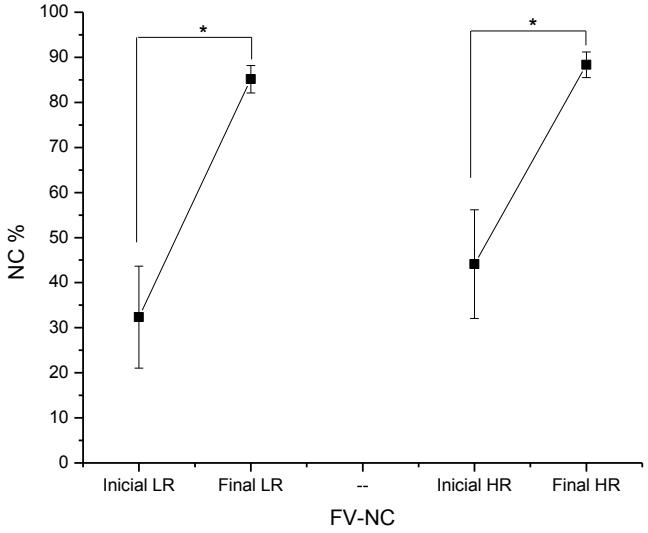

Figura 5.- Preferencias iniciales y finales en el contexto FV-NC (promedios y errores típicos).

En el contexto FV-NV (véase Figura 6) se observó un cambio estadísticamente significativo de la preferencia en las ratas LR hacia la alternativa NV ($t (13) = -1.324$; $p < .01$), mientras que en las ratas HR aunque se observó la misma tendencia, el cambio no resultó estadísticamente significativo ($t (13) = -1.324$; $p = .208$). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos al comparar preferencias iniciales ($t (10) = -1.491$; $p = .167$) y finales ($t (19) = .757$; $p = .458$).

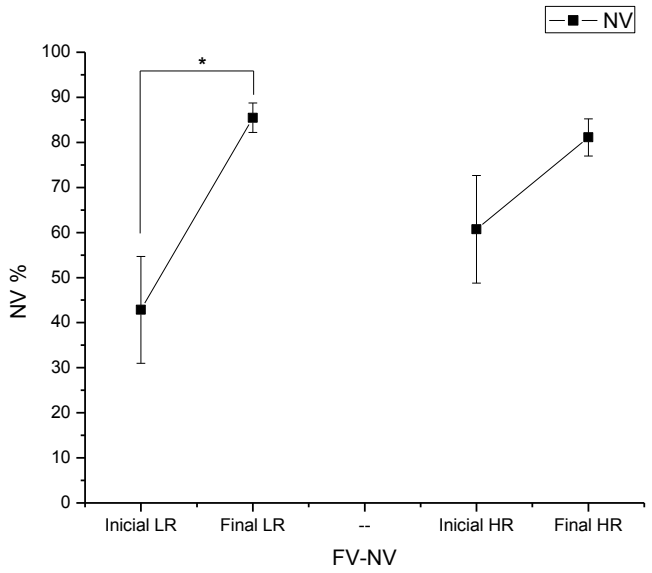

Figura 6.- Preferencias iniciales y finales en el contexto FV-NV (promedios y errores típicos).

Finalmente en el contexto NC-NV (véase Figura 7) se observó un cambio estadísticamente significativo en la preferencia hacia la opción NV para las ratas del grupo LR (t (14) = -3.009; $p < .01$). De nuevo, aunque esta tendencia es similar en las ratas del grupo HR, en el caso del grupo HR el cambio no fue estadísticamente significativo (t (15) = -1.462; $p = .164$). Al comparar la preferencia hacia la alternativa NV entre grupos se observó que las ratas LR mostraron mayor preferencia final por la opción NV que las ratas HR (t (19) = 3.209; $p < .01$). Respecto a las preferencias iniciales no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre grupos (t (12) = -.179; $p = .861$).

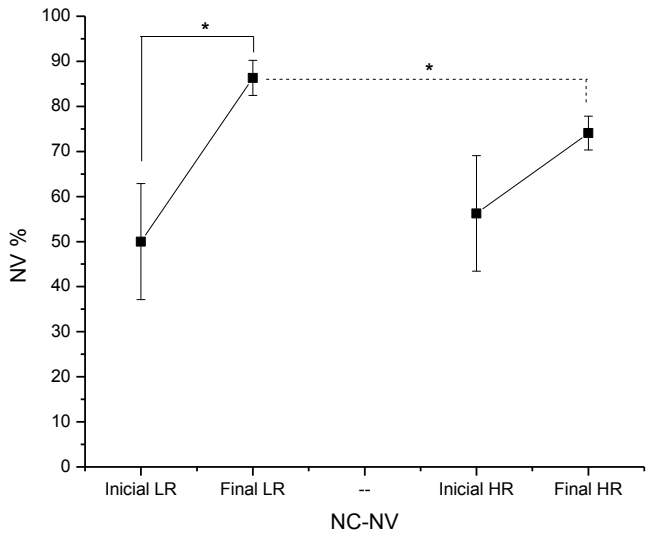

Figura 7.- Preferencias iniciales y finales en el contexto NC-NV (promedios y errores típicos).

Como se observa el efecto de los diferentes contextos de elección en general fue similar tanto para el grupo LR como para el HR. A partir de estos resultados, es posible concluir lo siguiente:

1. FV se prefiere cuando aparece ante FC.
2. NC se prefiere cuando aparece ante FC y cuando aparece ante FV.
3. NV se prefiere cuando aparece ante FC, FV y NC.
4. Las diferencias entre grupos se encontraron solamente en los contextos FC-FV y NC-NV, donde las ratas LR prefieren más las opciones FV y NV.

Estos resultados sugieren que la clasificación LR/HR afectó la preferencia en 4 de los 6 contextos utilizados, aunque el efecto observado se refiere fundamentalmente al grado de la preferencia, y no a preferencias cualitativamente (no sé si se justifique el término “cualitativamente” vaya a sonar ambiguo para los lectores) diferenciadas.

Elección independiente de contexto

Considerando estos resultados se procedió a agrupar las elecciones por cada una de las alternativas, independientemente del contexto de elección. (no entiendo porque borrar eso) Al igual que en análisis anterior, se consideró la preferencia inicial y final entre los sujetos de un mismo grupo y entre grupos.

En la Figura 8 se grafica la preferencia por la alternativa FC. Se observa un cambio estadísticamente significativo en la preferencia tanto en las ratas LR ($t(51) = 8.360$; $p < .01$) como en las ratas HR ($t(43) = 4.533$; $p < .01$) al considerar las 10 primeras y últimas sesiones. Al comparar la preferencia final hacia FC entre grupos, se encontró que las ratas LR mostraron menor preferencia por esta alternativa en comparación con las ratas HR ($t(59) = -4.536$; $p < .01$). Al comparar preferencias iniciales entre grupos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($t(39) = .467$; $p = .643$).

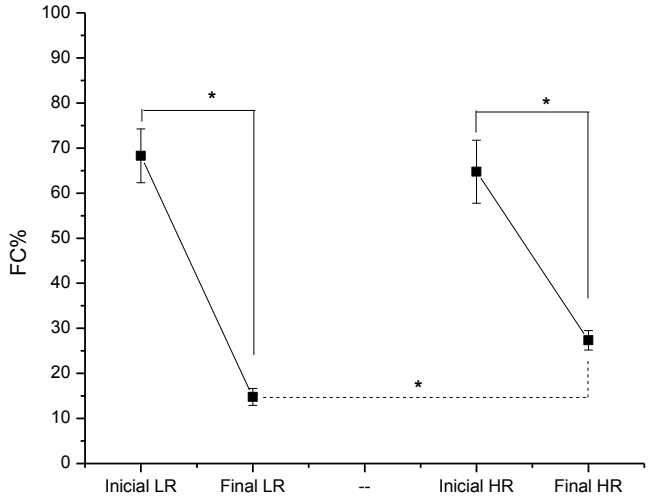

Figura 8.- Preferencia hacia FC independiente del contexto considerando las 10 primeras y últimas sesiones (promedios y errores típicos).

Para el caso de la preferencia hacia FV (véase Figura 9) se observó que, aunque se aprecia una disminución en la preferencia hacia FV en ambos grupos, no hay diferencias estadísticamente significativas entre la preferencia inicial y final en el caso de las ratas LR (t (47) = 1.704; p = .095), pero sí en las ratas HR (t (43) = 2.266; p < .05). No se observaron diferencias estadísticamente significativas al comparar las preferencias iniciales (t (36) = 1.113; p = .273) y finales (t (59) = 749; p = .085) entre grupos.

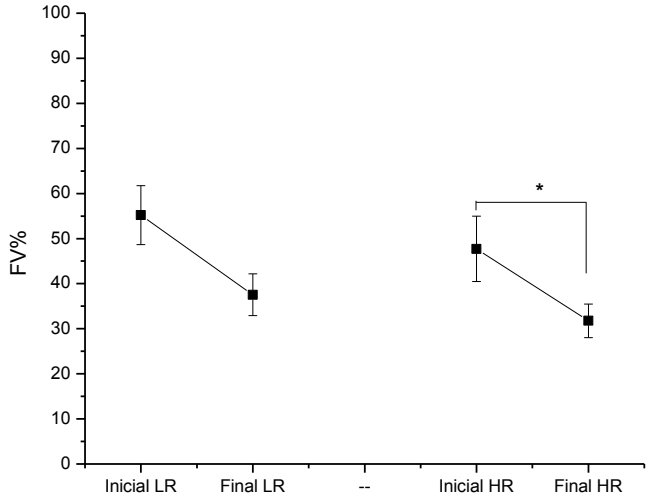

Figura 9.- Preferencia hacia FV independiente del contexto considerando las 10 primeras y últimas sesiones (promedios y errores típicos).

Si se compara el cambio en la preferencia entre las opciones familiares y las novedosas se observa un efecto contrario. Mientras que en el caso de las primeras la preferencia disminuyó, en el caso de las alternativas novedosas la preferencia incrementó al incrementarse el número de sesiones (yo mejor pondría incrementó en las sesiones finales).

Para la preferencia hacia la alternativa NC (véase Figura 10) se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la preferencia inicial y final en las ratas LR (t (47) = -3.365; p < .01) y en las HR (t (47) = -2.896; p < .01). Al hacer la comparación entre grupos se encontró que las ratas LR y HR no difirieron en sus preferencias iniciales (t (41) = -1.357, p = .182) y finales (t (59) = -.686; p = .495).

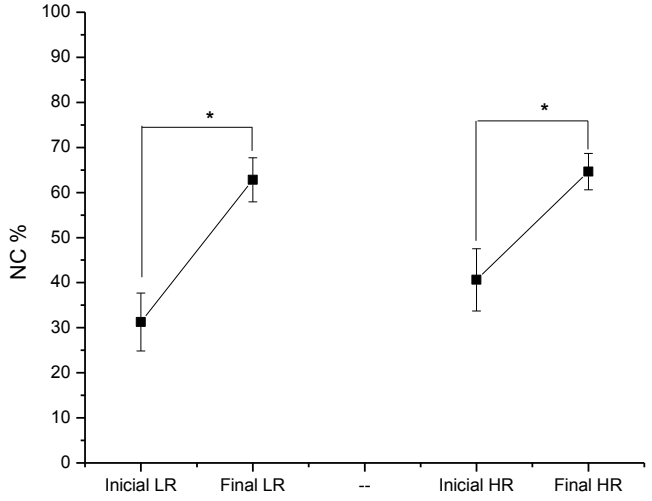

Figura 10.- Preferencia hacia NC independiente del contexto considerando las 10 primeras y últimas sesiones (promedios y errores típicos).

Esta misma tendencia se observó en la preferencia hacia la alternativa NV (véase Figura 11). También se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la preferencia inicial y final tanto para LR ($t(47) = -3.633$; $p < .01$) como para HR ($t(45) = -3.668$; $p < .01$). Igualmente, al comparar la preferencia inicial entre las ratas LR y HR no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($t(38) = -.124$; $p = .902$), al igual que en el caso de la preferencia final ($t(59) = -1.021$; $p = .311$).

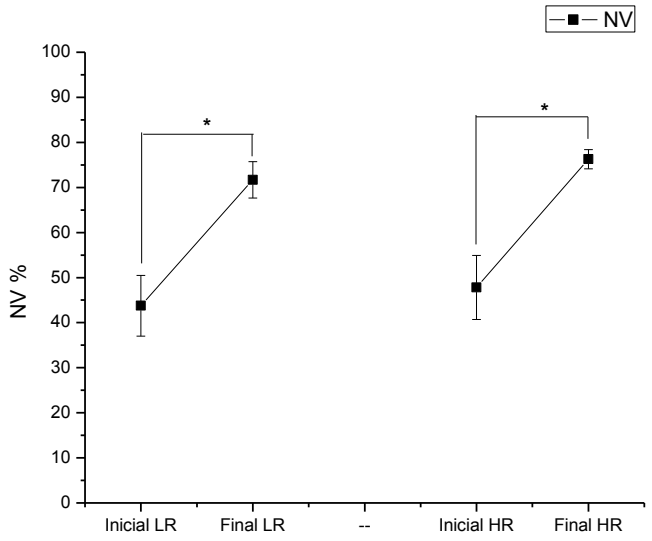

Figura 11.- Preferencia hacia NV independiente del contexto considerando las 10 primeras y últimas sesiones (promedios y errores típicos).

Para capturar mejor la preferencia por las alternativas independientemente del contexto de elección se promediaron las últimas sesiones de la primera fase (sesiones 35 a 45) y las últimas sesiones la segunda fase (sesiones 80 a 90) para cada alternativa.

Se observó una preferencia ordenada en el caso de las ratas LR, de tal modo que todos los porcentajes promedio de preferencia correspondientes a cada alternativa difirieron entre sí. De este modo, FV (37.84%) se prefirió sobre FC (26.8%) ($t(131) = -3.460$; $p < .01$), NC (60.53%) se prefirió sobre FV (37.84%) ($t(131) = -6.480$; $p < .01$) y NV (74.81%) se prefirió sobre NC (60.53%) ($t(131) = -4.144$; $p < .01$).

Para el caso de las ratas HR se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la preferencia entre NV y NC, de tal modo que la preferencia hacia FC (43.72%) y FV (40.01%) no presentó diferencias estadísticamente significativas ($t(131) = 1.157$; $p = .249$). Entre la preferencia hacia FV (40.01%) y NC (61.21%) se observaron diferencias estadísticamente significativas ($t(131) = -6.123$; $p < .01$). Al comparar la preferencia hacia NC (61.21%) y NV (55.04%) no hay diferencias estadísticamente significativas ($t(131) = 1.712$; $p = .089$).

Al comparar las diferencias en la preferencias entre grupos, se observó que las ratas LR y HR no difirieron en su preferencia hacia FV (t (131) = -.697; p = .487) y hacia NC (t (131) = -.209; p = .835). Al comparar la preferencia hacia FC, se observó que las ratas LR la prefirieron significativamente menos en comparación con las HR (t (131) = -6.379; p < .01); en el caso de la opción NV, las ratas LR mostraron mayor preferencia por ella que las HR (t (131) = 7.620; p < .01). Estos efectos se muestran en la Figura 12.

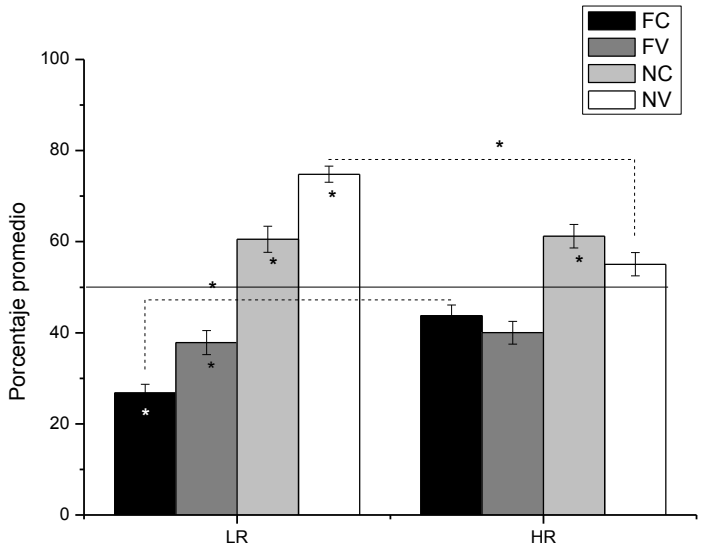

Figura 12.- Preferencias independientes de contexto en ratas LR y HR promediando las 10 últimas sesiones de la primera fase y de la segunda fase (las barras de desviación indican errores típicos).

Para analizar los efectos en conjunto del contexto de elección y de la clasificación LR/HR, y para determinar si hubo un efecto de interacción se realizó una ANOVA de medidas repetidas, considerando el contexto de elección como el factor entre sujetos. Al realizar este análisis se encontró que hubo un efecto estadísticamente significativo del contexto (*F* (239.589) = .861; p < .01) y un efecto de interacción apenas estadísticamente significativo del contexto y el grupo (*F* (2.756) = .067; p = 046).

Respecto al análisis de latencias no se encontró ningún patrón en relación a la clasificación LR y HR. No obstante, las gráficas de las latencias pueden observarse en el apéndice 5.

Discusión y conclusiones

Preferencias dependientes o independientes de contexto

Los datos muestran que en la mayoría de los casos hubo un cambio estadísticamente significativo en la preferencia en relación a las sesiones iniciales y finales. Dicho cambio en la preferencia dependió tanto del contexto de elección como de la clasificación LR/HR, lo cual muestra que las ratas fueron sensibles a la manipulación de las propiedades de las opciones que se administró en el procedimiento. No obstante, no resulta del todo claro a qué propiedades de las opciones respondieron las ratas, o si las ratas respondieron a propiedades de las opciones individuales o en relación al contexto en el que aparecían. Dado el modo en que se presentaron las opciones en el procedimiento, un punto inicial de discusión sería si las preferencias fueron determinadas por el contexto de elección o por el valor individual de cada una de las opciones.

Al graficar las preferencias de forma dependiente y de forma independiente del contexto se observó que el patrón de preferencia fue similar tanto para las ratas LR como para las HR, esto es, la opción NV se prefirió sobre NC, NC sobre FV y FV sobre FC. Las diferencias encontradas entre grupos fueron diferencias en el grado de preferencia hacia una determinada opción. Estas diferencias se presentaron al considerar la preferencia de forma dependiente e independiente del contexto.

En los contextos FC-FV, FC-NC, FC-NV y NC-NV, las ratas LR y HR prefirieron en las sesiones finales las opciones FV, NC, NV respectivamente, pero las ratas LR las prefirieron más que las HR. Esto sugiere que las ratas HR tienen una preferencia menos marcada en la mayoría de los contextos. Solamente en los contextos FV-NC y FV-NV no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre grupos.

En relación a las preferencias independientes del contexto el patrón de preferencia sigue siendo NV>NC>FV>FC, siendo mayor la preferencia hacia estas opciones en las sesiones finales, tanto para las ratas LR como para HR. En este caso la única diferencia estadísticamente significativa se presentó en la preferencia hacia FC, dado que las ratas LR la prefirieron menos que las HR.

En conjunto estos resultados permiten afirmar que las ratas LR y HR sí difieren en su preferencia hacia opciones novedosas y familiares, con resultado fijo y con resultado variable. Aunque la diferencia encontrada es específicamente en su grado de preferencia.

En relación a si las preferencias estuvieron siendo determinadas por el contexto de elección o por el valor de las opciones por aislado, el presente trabajo no permite afirmar nada al respecto, por lo menos por dos razones. Primero, porque las opciones presentadas implicaron la variación simultánea de dos propiedades en cada caso, por lo que en ausencia de una condición control no es posible saber cuál de las propiedades determinó la preferencia. Segundo, porque el modo de presentación de las opciones (contextos binarios con las diferentes combinaciones de las opciones) no permite evaluar la transitividad (criterio ampliamente utilizado para evaluar las elecciones dependientes del contexto), ya que para evaluar este principio usualmente se expone a los sujetos a un contexto de elección binario y después a uno trinario (o viceversa) (Hurly y Oseen, 1999)[40]. Si la diferencia en la preferencia acumulada hacia una opción particular durante los diferentes contextos de elección se tomara como criterio de transitividad, podría argumentarse de manera especulativa que las preferencias de las ratas LR fueron transitivas, mientras que las de las ratas HR no (véase Figura 12). No obstante, no es posible sustentar eso debido a que no se sabe si los promedios de preferencia obtenidos en dicha figura fueron causados por las preferencias en los diferentes contextos o si fue a la inversa, es decir, si la valoración de las opciones por aislado fue lo que provocó los promedios de preferencia en los diferentes contextos de elección.

Los datos de la Figura 12 respecto al porcentaje promedio de preferencia de las ratas HR, apoyan la suposición de que sus preferencias son menos marcadas en comparación con las de las LR, y dado el modo en que las puntuaciones de las ratas HR se acercan al punto de indiferencia, es posible suponer además que exista algún proceso (por ejemplo su porcentaje de alternación espontánea) que esté causando un patrón de preferencia cercano a la indiferencia.

Correspondencia con el modelo LR/HR

No es posible establecer si los resultados obtenidos corresponden o no con lo que pudiera predecirse del modelo LR/HR debido a que no hay un experimento previo que haya evaluado la sensibilidad al riesgo en ratas LR y HR y porque el modelo actualmente se usa para evaluar otros procesos además de la propensión a la novedad

[40] Es necesario hacer notar que la cuestión de la transitividad en procedimientos de elección con ratas no ha sido esclarecida. De modo que hay evidencia de que las preferencias son independientes del contexto (Schuck-Paim & Kacelnik, 2007) y evidencia de que dependen del contexto (Hurly & Oseen, 1999; Bateson 2002). Considerando eso, poco o nada puede decirse sobre si la transitividad depende de la clasificación LR/HR.

(Stead et al. 2006), procesos conductuales que pueden contradecir la relación pronosticada entre riesgo y novedad.

Tratando de establecer una posible relación entre los resultados encontrados en este trabajo y otros hallazgos relacionados con el modelo LR/HR, es posible señalar tentativamente algunas variables que pudieron intervenir en los resultados encontrados. Por ejemplo, atendiendo al posible efecto de la novedad, el trabajo de Gancarz et al. (2012) muestra que las ratas LR/HR no difieren en su preferencia hacia un componente que administra reforzamiento sensorial mediante cambios de luces en la caja experimental (se trata de un programa concurrente donde un componente administra el reforzamiento sensorial mientras el otro no administra ninguna consecuencia), pero sí difieren en su tasa de respuesta hacia la palanca que administra el reforzamiento sensorial, siendo las ratas HR las que más responden en dicha palanca. Considerando esto, es posible que la preferencia hacia la novedad no se manifieste necesariamente en la preferencia sino en la tasa de respuesta. Sin embargo, en este procedimiento no se midió la tasa de respuesta.

Si se observa a la estimulación novedosa como un reforzador sensorial (dicho efecto pudo haber operado mediante las propiedades de cambio y complejidad señaladas por Berlyne, 1960)[41] agregado a una opción dada, se podría explicar por qué las opciones NC y NV se prefirieron sobre todas las demás en el caso de las ratas LR. Visto de este modo la novedad tendría un efecto aditivo sobre la preferencia por la variabilidad y cuando ambas opciones son familiares (contexto FC-FV) sería la variabilidad lo que controla la preferencia. Aun asumiendo esto, quedaría por explicar por qué se prefiere NC sobre FV, es decir, determinar si la novedad determina la preferencia aun por encima de la variabilidad en el demora y de qué modo, siendo que la variabilidad puede ser también una propiedad de la novedad (Berlyne, 1960). Así, el efecto encontrado no puede ser explicado atendiendo solamente a las propiedades reforzantes atribuidas a la estimulación novedosa.

En otros trabajos se ha argumentado que las ratas LR/HR difieren en sus patrones de habituación a la estimulación novedosa. Por ejemplo, Cain et al. (2004) encontraron en un procedimiento de autoadministración de anfetaminas en ratas, que la estimulación novedosa (en términos de diferentes luces y olores) disminuía la

[41] Cabe señalar que el efecto reforzante de la novedad ya ha sido señalado en trabajos directamente relacionados con la preferencia en situaciones de elección en humanos (Wittman et al., 2008) y otros relacionados con condicionamiento clásico y adicciones (Bevins, 2001). Este efecto también puede asociarse a la preferencia por la complejidad, fenómeno que también ha sido documentado en ratas (Barnes & Baron, 1961; Williams & Kuchta, 1957)

autoadministración de anfetaminas en ratas LR y HR, pero dicho efecto desaparecía más rápido en las ratas HR. Estos resultados fueron considerados por los autores como evidencia a favor de que las ratas HR se habituaban más rápido a la estimulación novedosa. Considerando esto, podría argumentarse que las ratas LR prefirieron más las opciones novedosas porque las HR se habituaron más rápido a la novedad. Sin embargo, esta explicación puede resultar cuestionable, ya que cuando se observan las preferencias iniciales hacia NV y NC en los diferentes contextos o de forma independiente del contexto, no hay diferencias estadísticamente significativas entre grupos. En el caso de las preferencias finales sí se observan diferencias entre grupos, particularmente, las ratas HR mostraron menor preferencia por las opciones novedosas menos que las LR (contextos: FC-NV, NC-NV y FC-NC). Este último dato apoyaría la hipótesis de diferencias en la velocidad de habituación. Sin embargo, es necesario notar que en el trabajo de Cain et al. (2004) se tomó la tasa de respuesta como medida mientras que en el presente trabajo se consideró el porcentaje promedio de elecciones por esa alternativa como una medida de la preferencia. Esto plantea el problema de establecer una medida de habituación para procedimientos de elección y determinar si el decremento en la preferencia hacia una opción dada se debe a la habituación o a un aumento en la preferencia hacia otra u otras opciones. Esto no puede ser resuelto en el presente trabajo.

Otra posible explicación de los efectos encontrados puede encontrarse al observar otros procesos alterados asociados al modelo LR/HR. Por ejemplo, Flagel et al. (2010) después de aplicar un procedimiento de crianza selectiva y someter a las ratas LR y HR a un procedimiento de descuento de demora, encontraron que las ratas LR devaluaban más rápido los reforzadores demorados en comparación con las ratas HR. Si se asume que el descuento de la demora interviene en la preferencia hacia la opción variable[42], esto es, que las demoras variables se prefieran sobre las fijas debido a que las demoras cortas incluidas en la opción variable adquieren mayor valor reforzante, entonces podría explicarse el hecho de que las ratas LR al ser más impulsivas (por lo menos en la prueba empleada en el trabajo de Flagel et al. 2010) prefieran las opciones variables. Esto explicaría la preferencia hacia FV y hacia NV independientemente del contexto; no obstante, esa conjetura no podría explicar por qué se prefiere NC sobre FV. Por otro lado, eso tampoco explicaría el patrón de preferencia de las ratas HR donde su porcentaje de preferencia hacia FC y FV no presenta diferencias estadísticamente significativas. Observando la Figura 12 es posible notar que en las ratas HR la preferencia hacia NC es significativamente mayor que para FV y FC, pero no para NV, lo cual apoyaría la idea de que las ratas HR responden a las propiedades novedosas de las

[42] Esta idea ha sido sugerida por Mazur (2004) al relacionar la impulsividad con las elecciones arriesgadas.

opciones más que a la variabilidad. Sin embargo, esto tampoco parece plausible ya que las ratas LR prefirieron más la opción NV y respecto a la opción NC no hay diferencias estadísticamente significativas entre grupos. En consecuencia, la idea de las ratas LR tienen un descuento de la demora aumentado no puede explicar por completo los resultados encontrados.

En conclusión, los datos obtenidos permiten afirmar que las ratas LR y HR difieren en su preferencia hacia las diferentes opciones utilizadas, pero el mecanismos o proceso conductual que está determinando esas diferencias no puede ser establecido de forma definitiva.

Estableciendo estas diferencias entre las ratas LR y HR, y considerando las dificultades encontradas en el experimento 1 respecto a la manipulación de las propiedades de las opciones, se procedió con una preparación más simple para el experimento 2, con la intención de encontrar efectos más específicos e indagar sobre los posibles mecanismos que les subyacen.

Experimento 2

El experimento 1 permitió observar que las ratas LR y HR difieren en sus patrones de preferencia hacia opciones que se diferencian en cuanto a su familiaridad/novedad y su constancia/variabilidad. Sin embargo debido al modo de presentación de las opciones no es posible determinar si la preferencia es debida a una característica de la opción (por ejemplo variabilidad) o a la combinación de dos características (por ejemplo variabilidad y novedad). Además, tal como se ha señalado en relación al primero de los experimentos, el procedimiento no permitió determinar si las ratas estaban respondiendo a contextos de elección o a opciones aisladas.

Debido a lo anterior, el objetivo del experimento 2 fue evaluar la preferencia en ratas LR y HR manipulando solamente una de las características de las opciones. De este modo, se pasó a un procedimiento de elección de solamente dos opciones donde una de ellas entregaba un resultado fijo y la otra un resultado variable. El estímulo asociado a las opciones se mantuvo como un estímulo familiar que permitiera discriminar ambas opciones durante todos los ensayos.

Se evaluaron cambios en la preferencia a partir del nivel de privación experimental.

Diseño

Se utilizó un diseño y procedimiento semejante al utilizado en el experimento, con las restricciones señaladas para este segundo estudio.

Prueba de novedad

En este caso se utilizó una muestra de 25 ratas (machos), éstas pasaron por una prueba de novedad para clasificarlas como LR y HR. Dicha prueba tuvo las mismas características que la anterior y se basó en el mismo criterio para la clasificación de las ratas.

Prueba de sensibilidad al riesgo

Para la prueba de sensibilidad al riesgo se tomaron los mismos valores del experimento 1 empleados para las opciones FC y FV. Por lo tanto la opción familiar fija estuvo señalada por una luz blanca intensa y la familiar

variable por una luz blanca tenue. La demora fija consistió en 22.5 segundos y la variable en 5, 10, 15 y 50 segundos. Ambas entregaron 9 giros de tobela de amaranto.

Las ratas fueron expuestas al mismo procedimiento de elección que en el experimento 1 pero usando solamente un contexto de elección (FC-FV). En este caso, primero fueron expuestos al 75% (fase 1) de su peso en línea base, y posteriormente al 90% (fase 2). Cada fase constó de 24 sesiones. Se contrabalanceó la posición en la que se presentaba cada una de las alternativas de respuesta en cada una de las fases, de tal modo que en las primeras 12 sesiones la posición de las palancas es FC-FV y en las siguientes 12 la posición se invirtió a FV-FC (ver Tabla 2). El primer elemento del par corresponde a la palanca que se presentaba a la izquierda del depósito de alimento y el segundo a la derecha.

Fase 1: 75%		
LR	FC-FV	FV-FC
HR	FC-FV	FV-FC

Fase 2: 90%		
LR	FC-FV	FV-FC
HR	FC-FV	FV-FC

Tabla 2.Diseño del experimento 2.

Cada sesión constó 10 bloques de ensayos, en cada bloque 2 fueron de no-elección y 4 fueron de elección libres. Al igual que en el experimento 1 los ensayos de no-elección se presentaron en el centro de la caja. Después de cada elección se interpuso un intervalo de 10 segundos durante el cual las luces se apagaban y posteriormente se daba inicio al siguiente ensayo. Para elegir una opción la rata requería emitir una respuesta en la palanca correspondiente. Después de la respuesta la o las palancas se retraían, se administraba la demora, se entregaba el reforzador, se administraba el intervalo entre ensayos y se pasaba a la siguiente elección. Entre el paso de una fase a otra pasó un periodo de aproximadamente 13 días para poder subir de peso a las ratas del 75% al 90%.

Resultados

Prueba de novedad

La prueba de novedad arrojó valores similares a los del experimento 1, tal como se observa en la Figura 13.

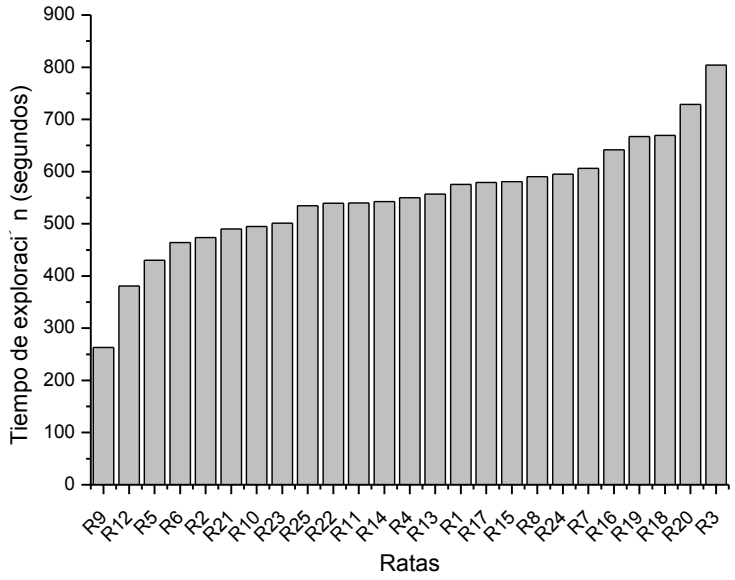

Figura 13. Tiempo de exploración en la prueba de novedad del experimento 2.

Al aplicar la prueba de Kolmogorov-Smirnov se encontró que la distribución obtenida no difirió de una distribución normal (Z de Kolmogorov-Smirnov=.117; $p > .05$)

Al igual que en el experimento anterior, se consideraron las ratas del primero y último cuartil de la distribución para conformar los grupos LR y HR respectivamente.

Prueba de elección

Para establecer la preferencia durante el procedimiento de elección se tomaron las primeras 3 y las últimas 3 sesiones del experimento (sesiones 1, 2 y 3 como iniciales y 46, 47 y 48 como finales). Adicionalmente se realizó un análisis considerando las primeras y últimas 3 sesiones antes y después del cambio en la posición de las palancas en cada fase, esto es, considerando el experimento completo como 4 periodos de 12 sesiones. Por lo

tanto, se analizaron las sesiones 1, 2 y 3 en comparación con 10, 11 y 12 (primera mitad de la fase 1), así como las sesiones 13, 14 y 15 en comparación con las sesiones 22, 23 y 24 (segunda mitad de la fase 1). Para la fase 2 se analizaron las sesiones 25, 26 y 27 en comparación con las sesiones 34, 35 y 36 (primera mitad de la fase 2), así como las sesiones 37, 38 y 39 en comparación con las sesiones 46, 47 y 48 (segunda mitad de la fase 2). Para cada caso se hicieron comparaciones intra-grupales e inter-grupales en los segmentos señalados de cada fase empleando una prueba t-student. También se graficó el porcentaje promedio de preferencia sesión por sesión para cada grupo.

Adicionalmente se realizó un análisis de la latencia de elección similar al empleado en el experimento 1. Sin embargo, en este caso se tomaron todas las sesiones de las fases 1 y 2, tanto para los ensayos forzados como para los ensayos libres. Por la forma de la distribución de las latencias, también se graficó solamente la mediana[43].

Durante la primera parte de la fase 1, con un nivel de privación del 75% las ratas LR muestran un cambio en su preferencia hacia la opción variable. Al comparar el porcentaje promedio de preferencia inicial (65.52%) y final (90.43%) se observan diferencias estadísticamente significativas, de modo que al final prefieren más la opción variable ($t(11) = -4.763$, $p < .01$). En el caso de las ratas HR se observó un efecto similar, donde el porcentaje promedio de elección inicial fue 41.32% y el final 66.23%. Esta diferencia fue estadísticamente significativa ($t(10) = -4.555$; $p < .01$). Al comparar las preferencias iniciales entre los grupos LR y HR, se observaron diferencias estadísticamente significativas tanto en las sesiones iniciales ($t(10) = 3.966$; $p < .01$) como en las finales ($t(11) = 8.151$; $p < .01$), de modo que las ratas LR prefirieron más la opción variable tanto durante las sesiones iniciales como durante las sesiones finales (véase Figura 14).

[43] Se procedió de este modo (tomando todas las sesiones) debido a que las diferencias en latencias son lo suficientemente marcadas para mostrarse tomando en cuenta todas las sesiones. No obstante, si el lector desea ver un análisis de latencias considerando sesiones iniciales (primeras 3 sesiones) y finales (últimas 3 sesiones) de cada fase (tal como se hizo en el análisis de la preferencia) puede consultar el apéndice 6.

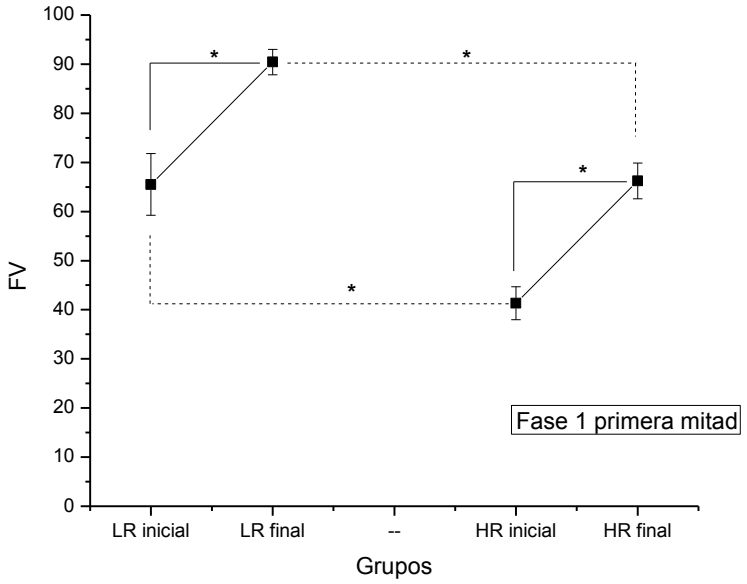

Figura 14. Porcentaje promedio de preferencia hacia la opción FV durante las primeras 12 sesiones del experimento 2 (promedios y errores típicos).

Al analizar la segunda parte de la fase 1 (véase Figura 15), una vez cambiada la posición de las palancas, se encontró un efecto similar, de modo que hubo diferencias estadísticamente significativas entre el porcentaje de preferencia inicial (60%) y final (96.04%) de las ratas LR ($t(10) = -3.919$; $p < .01$). Para las ratas HR se encontró una tendencia similar al comparar la preferencia inicial (43.26%) y la preferencia final (78.29%). De modo que también se observaron diferencias estadísticamente significativas ($t(11) = -5.235$; $p < .01$). Al comparar las preferencias iniciales de las ratas LR y HR también se observaron diferencias estadísticamente significativas ($t(10) = 2.321$; $p = .043$); lo mismo sucedió al comparar las preferencias finales ($t(11) = 4.494$; $p < .01$). De este modo, el cambio de posición de las palancas, no modificó la preferencia de ambos grupos.

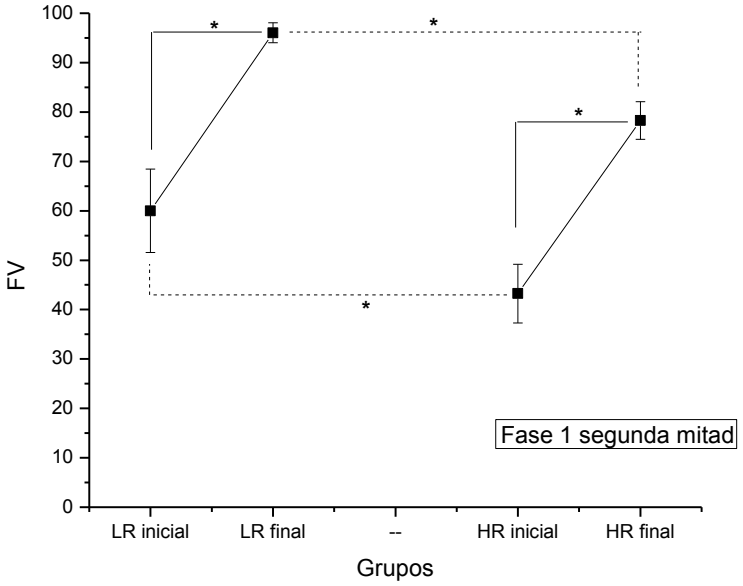

Figure 15.- Porcentaje promedio de preferencia hacia la opción FV durante las segundas 12 sesiones del experimento 2 (promedios y errores típicos).

Si se considera en conjunto la fase 1 la tendencia reportada se mantiene. Esto es, las ratas LR mostraron mayor preferencia por la opción FV al final que al principio ($t(11) = -5.46$; $p < .01$), al igual que las ratas HR ($t(10) = -9.293$; $p < .01$). Aunque ambos grupos prefirieron la opción FV, al comparar las preferencias iniciales y finales entre grupos, se observó que las ratas LR mostraron mayor preferencia por FV en las sesiones iniciales ($t(10) = 3.966$; $p < .01$) y finales ($t(11) = 4.494$; $p < .01$) en comparación con las ratas HR, tal como se observa en la Figura 16.

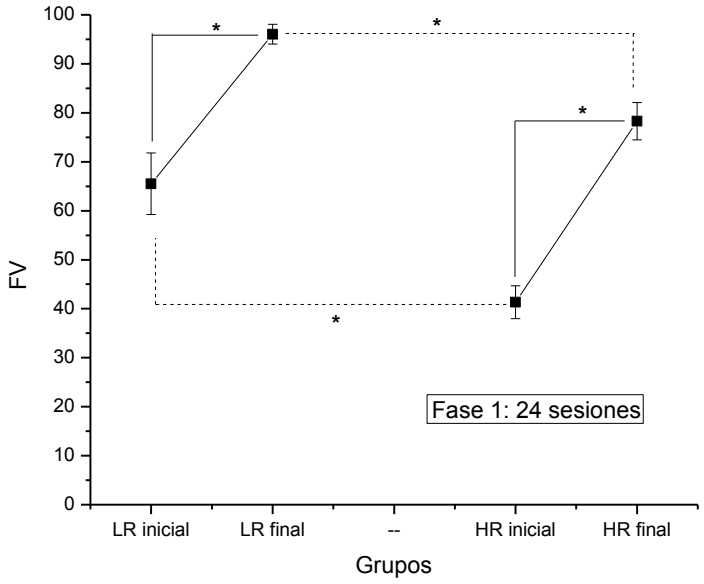

Figura 16.- Preferencias iniciales y finales hacia FV considerando las 24 sesiones de la fase 1 (promedios y errores típicos).

Las Figuras 14, 15 y 16 muestran que hubo un cambio en la preferencia hacia FV en ambos grupos, pero no permiten observar cómo se dio ese cambio a lo largo de las 24 sesiones. Para mostrar cómo se desarrolló la preferencia a lo largo de la fase 1, en la Figura 17 se graficó el porcentaje promedio de preferencia por sesión.

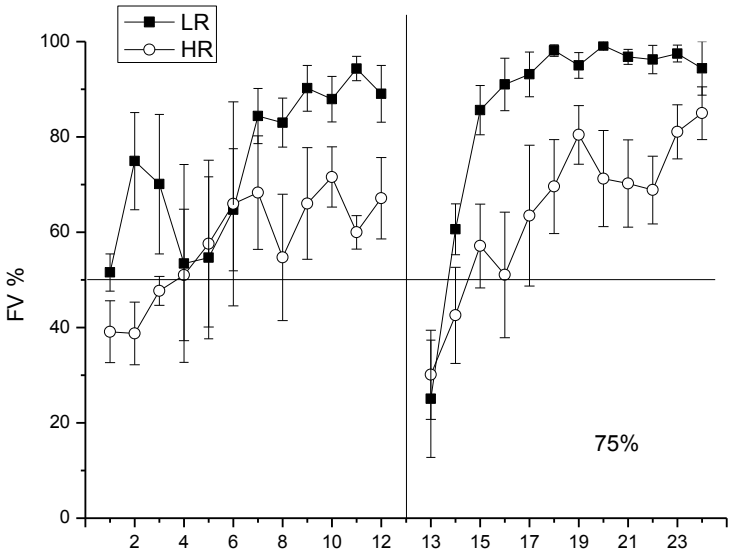

Figura 17.- Promedio de preferencia hacia la opción familiar variable durante 24 sesiones al 75% de privación (promedios y errores típicos).

Al proceder con el mismo tipo de análisis para la fase 2 se encontró un patrón similar de preferencia hacia FV. Al comparar las primeras y últimas sesiones de la primera mitad (sesiones 24 a 36) se observó que el porcentaje promedio de preferencia hacia FV en las primeras sesiones (71.26%) y en las últimas (94.37%) difirió de forma estadísticamente significativa para las ratas LR ($t(10) = -3.183$; $p = .010$). Para las ratas HR también se observaron diferencias estadísticamente significativa entre su preferencia inicial (33.59%) y su preferencia final (65.94%) ($t(11) = -6.078$; $p < .01$). Al comparar la preferencia hacia FV entre grupos, se observó que las diferencias en las preferencias iniciales entre las ratas LR y HR fueron estadísticamente significativas ($t(10) = 5.133$; $p < .01$), lo mismo sucede con las diferencias en las preferencias finales ($t(11) = 4.529$, $p < .01$). De modo que las ratas LR prefirieron más la opción variable en las sesiones iniciales y finales, tal como se muestra en la Figura 18.

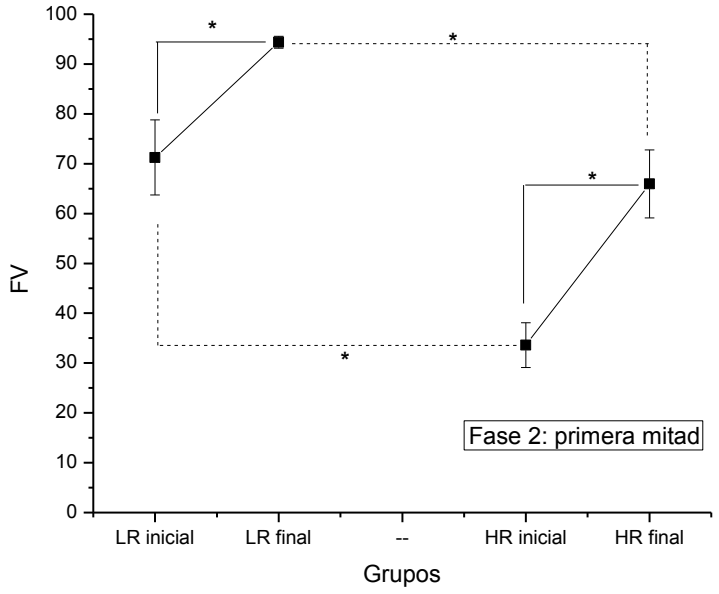

Figura 18.- Preferencias iniciales y finales hacia FV durante la primera mitad de la fase 2 (promedios y errores típicos).

Al analizar la segunda mitad de la fase dos se observó una tendencia similar. Ambos grupos mostraron mayor preferencia por la opción variable. En el caso de las ratas LR la preferencia inicial (88.75%) no difirió significativamente de la preferencia final (98.74%) ($t(11) = -1.871$; $p = .088$). En la ratas HR la preferencia inicial (55.71%) sí difirió de la final (87.18%) ($t(11) = -3.355$, $p < .01$). Al comparar la preferencia inicial entre las ratas LR y HR, se observaron diferencias estadísticamente significativas ($t(11) = 3.339$; $p < .01$), al igual que cuando se compararon las preferencias finales ($t(11) = 4.855$; $p < .01$). De este modo, tal como se observa en la Figura 19, la preferencia inicial y final de las ratas LR hacia FV fue mayor que para las ratas HR.

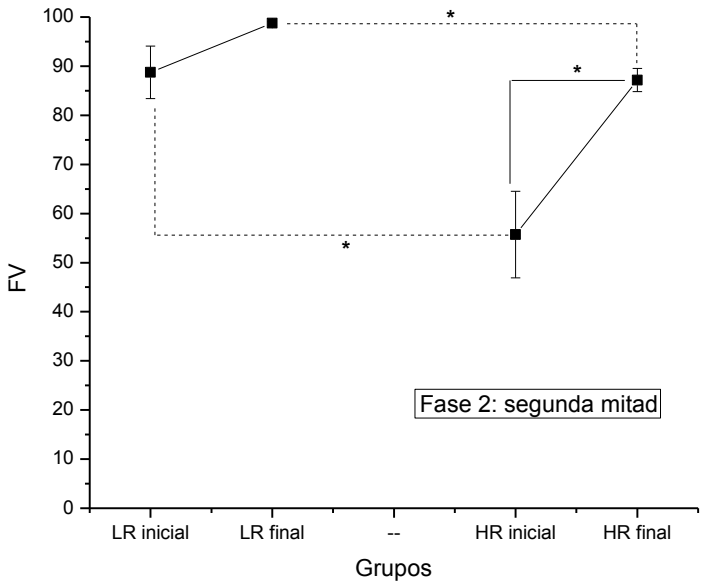

Figura 19.- Preferencias iniciales y finales hacia FV durante la segunda mitad de la fase 2 (promedios y errores típicos).

Al considerar de manera conjunta las 24 sesiones de la fase 2 y tomar las primeras y últimas 3 como preferencias iniciales y finales, la tendencia antes mostrada se mantuvo. Para las ratas LR se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la preferencia inicial hacia FV (71.26 %) y la final (98.74 %) ($t(10) = -3.646$; $p < .01$). Para las ratas HR se encontraron también diferencias estadísticamente significativas entre su preferencia inicial (33.59 %) y final (87.18 %) ($t(11) = -9.324$; $p < .01$). Comparando preferencias iniciales y finales entre grupos también se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Las ratas LR mostraron mayor preferencia inicial hacia FV ($t(10) = 5.133$; $p < .01$), así como mayor preferencia final ($t(11) = 4.855$; $p < .01$). Esta tendencia se observa en la Figura 20.

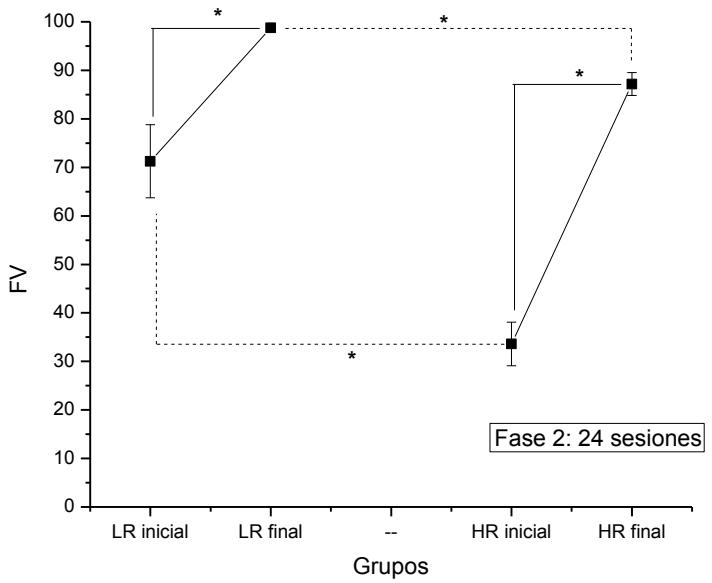

Figura 20.- Preferencias iniciales y finales hacia FV durante las 24 sesiones de la fase 2 (promedios y errores típicos).

Cuando se graficaron los promedios de preferencia a lo largo de las 24 sesiones de la fase 2, se observó una tendencia similar a la que se presenta en la Figura 17 para la primera fase del experimento, pero en este caso la preferencia hacia la opción FV es más marcada para las ratas LR desde el principio hasta el final. Esto explica por qué al comparar la preferencia inicial y final en las ratas LR durante la primera y segunda mitad de la fase 2 (véase Figura 19, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas. Esto se debe a que la preferencia hacia la opción variable es consistente durante casi todas las sesiones, tal como se observa en la Figura 21.

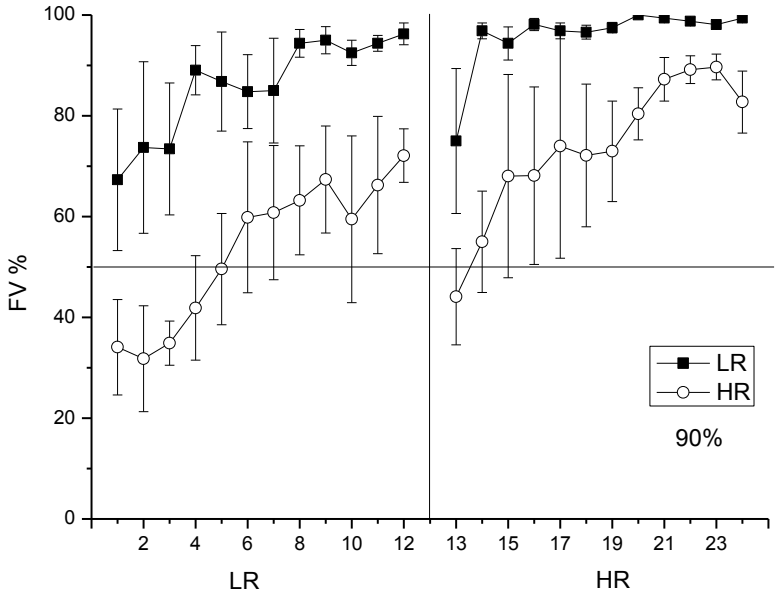

Figura 21.- Promedio de preferencia hacia la opción familiar variable durante 24 sesiones al 90% de privación (promedios y errores típicos).

Con el objetivo de analizar el efecto del grado de privación sobre la preferencia (véase Figura 22) se compararon las preferencias iniciales y finales en las fases 1 y 2 dentro de los sujetos del mismo grupo para cada fase.

En el caso del grupo LR no se observaron diferencias estadísticamente significativas en sus preferencias iniciales al 75% de privación (65.52%) y sus preferencias iniciales al 90% (71.26%) (t (10) = -1.139; p = .281). Tampoco se obtuvieron diferencias (t (11) = -1.315; p = .215) al comparar sus preferencias finales al 75% (96.04%) y al 90% (98.74) (ver Figura 22).

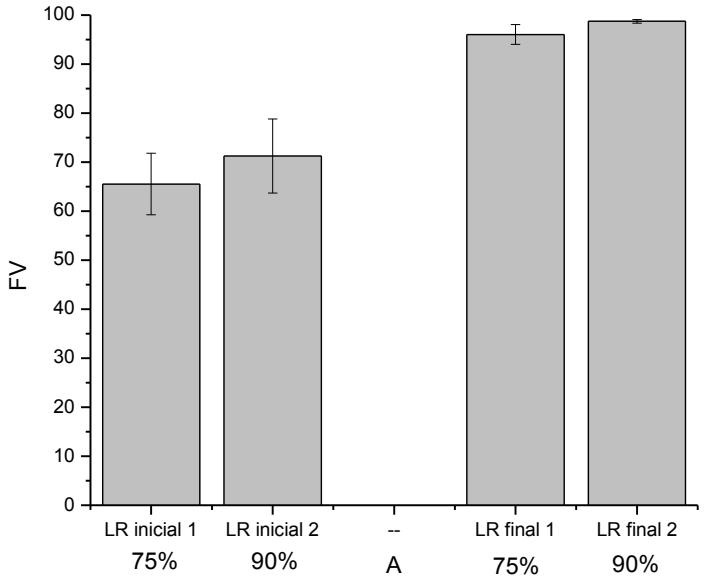

Figura 22.- Comparación del efecto del grado de privación en la preferencia hacia la alternativa FV en las ratas LR (promedio y error típico).

Para las ratas HR (véase Figura 23) tampoco hubo cambios estadísticamente significativos en su preferencia hacia la alternativa FV relacionados con el grado de privación. Al comparar la preferencia inicial al 75% (41.32%) con la preferencia inicial al 90% (33.59%) no hubo diferencias estadísticamente significativas ($t(10) = 1.33$; $p = .212$). Tampoco se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($t(11) = -1.868$; $p = .089$) cuando se comparó la preferencia final al 75% (78.29%) y al 90% (87.18%).

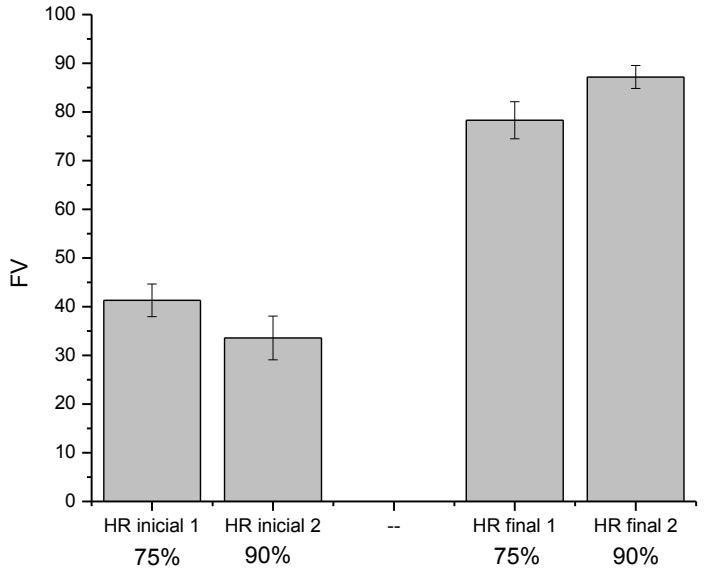

Figura 23.- Comparación del efecto del grado de privación en la preferencia hacia FV en las ratas HR (promedio y error típico).

En la Figura 24 se grafica el porcentaje de elecciones de la alternativa FV a lo largo de todas las sesiones comparando a los sujetos del grupo LR HR) bajo los dos grados de privación considerados. Se observa que las curvas prácticamente se solapan. Esto en conjunto sugiere que el grado de privación no tuvo efecto en la preferencia por la alternativa FV. Lo mismo puede decirse para las ratas HR (Figura 25).

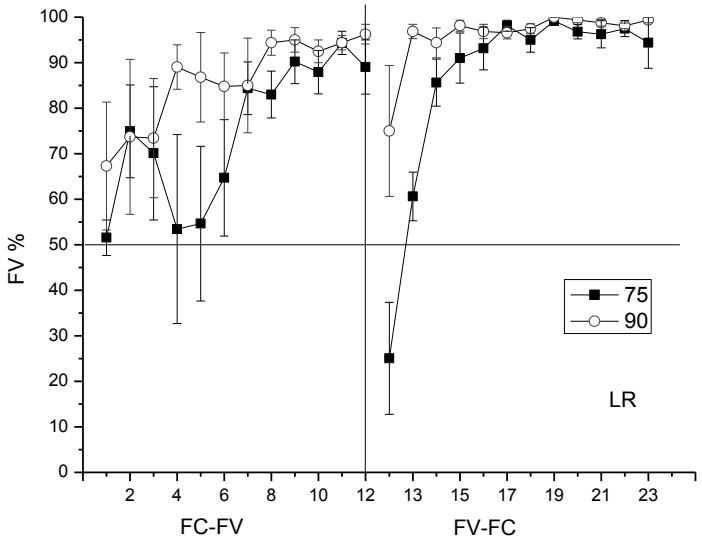

Figura 24.- Comparación de la preferencia de las ratas LR al 75 y al 90% de privación (promedios y errores típicos

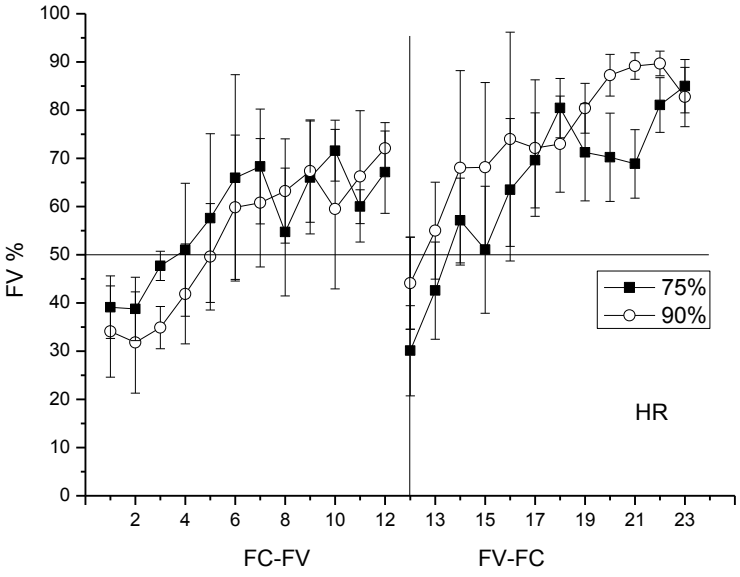

Figura 25.- Comparación de la preferencia de las ratas HR al 75 y al 90% de privación (promedios y errores típicos).

Finalmente, al analizar las latencias durante los ensayos de no-elección, en la primera fase se observó que para las ratas LR las latencias para la opción FV son ligeramente menores que para la opción FC. En el caso de las ratas HR las latencias para ambas opciones son iguales (véase Figura 34).

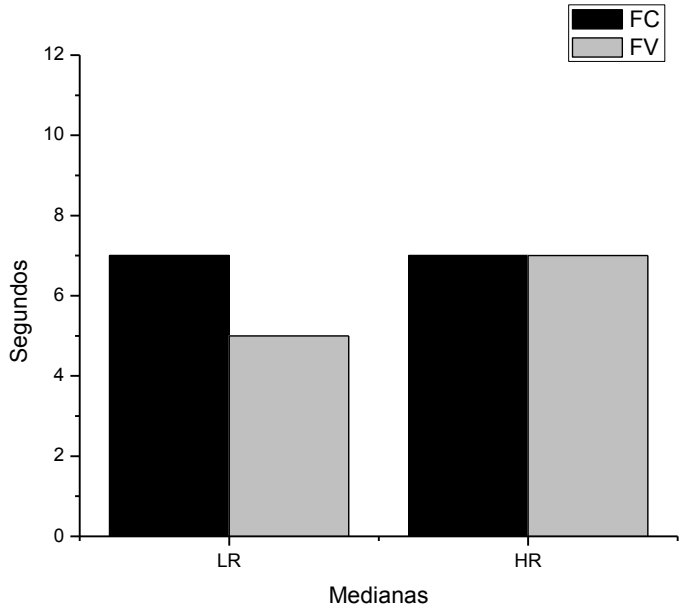

Figura 34.- Latencias durante los ensayos forzados en la fase 1.

Durante la fase 2 se observó que ambos grupos mostraron latencias menores hacia la opción FV en comparación con la opción FC. En consecuencia, para las ratas LR la tendencia de la fase 1 se mantuvo al incrementarse el nivel de privación, si bien los valores de latencia disminuyeron, mientras que en el caso de las ratas HR al incrementarse el nivel de privación se incrementaron también los valores de latencia, especialmente para el caso de la alternativa FC. Las latencias de las ratas LR para ambas opciones fueron menores en comparación con las observadas en el caso de las ratas HR (véase Figura 35).

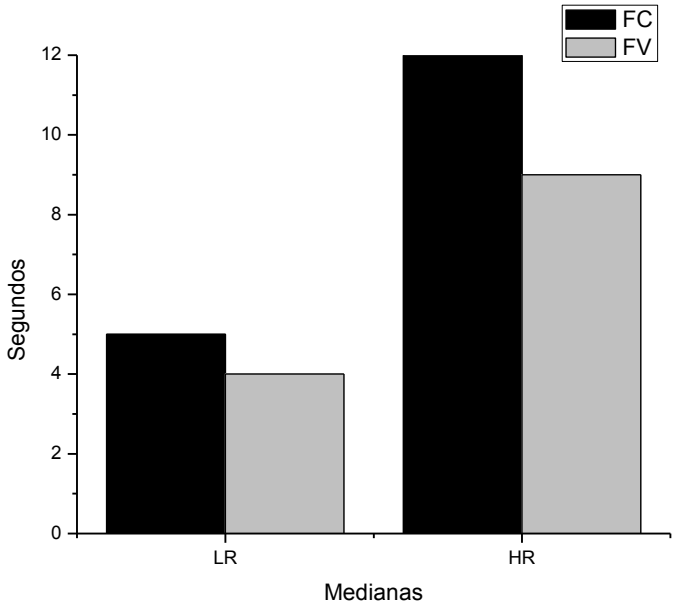

Figura 35.- Latencias durante los ensayos forzados en la fase 2.

Las latencias registradas en los ensayos de elección libre de la fase 1 (nivel de privación: 75%) mostraron una tendencia similar a la descrita en los ensayos de no-elección. De nuevo, latencias correspondiente a la alternativa FV fueron menores que para FC, esto para ambos grupos (véase Figura 36).

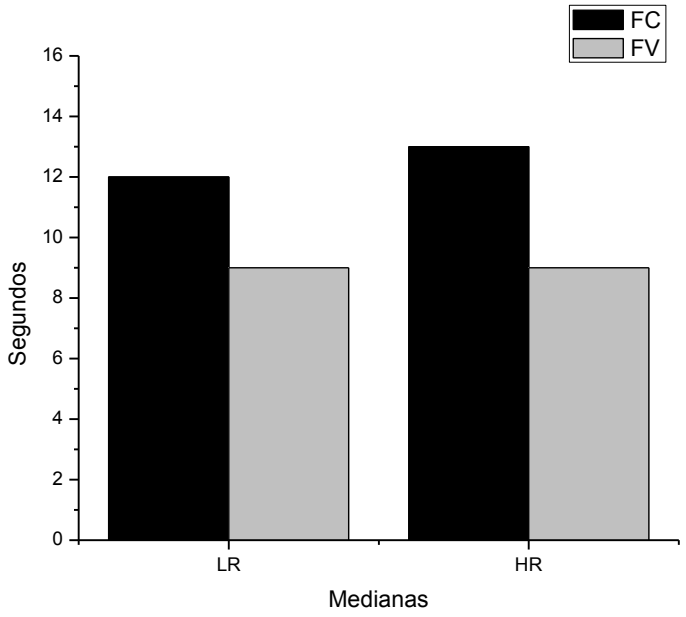

Figura 36.- Latencias durante los ensayos libres fase 1.

Sin embargo, durante la fase 2 el patrón se modificó, de modo que las ratas LR tuvieron una menor latencia hacia FC y las HR una menor latencia hacia FV. Al igual que en el caso de los ensayos de no-elección las latencias de las ratas LR disminuyeron para ambas opciones en comparación con las latencias de las ratas HR (véase Figura 37).

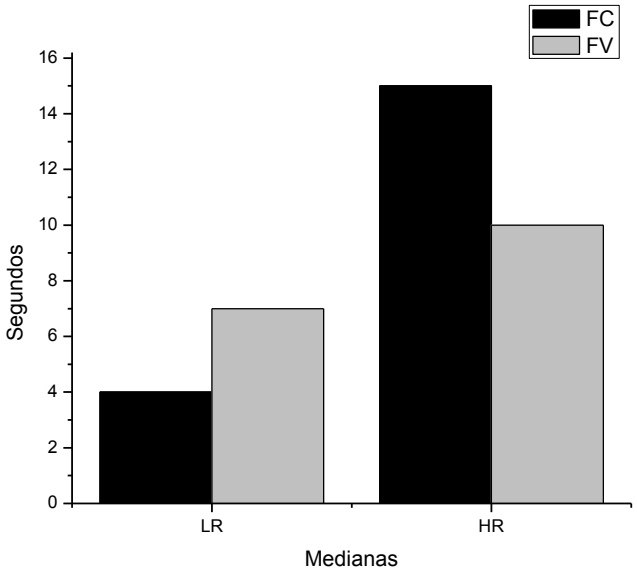

Figura 37.- Latencias durante los ensayos libres fase 2.

Discusión

Los resultados obtenidos en el experimento 2 muestran que las ratas clasificadas como LR y HR presentan, en un procedimiento de sensibilidad al riesgo donde no se manipula la novedad, diferentes patrones de preferencia.

Considerando las sesiones iniciales y finales de cada mitad de cada fase se encontraron en todos los casos diferencias estadísticamente significativas entre la preferencia inicial y final de las ratas LR y HR, tal como se observa en las Figuras 14, 15 y 16, así como 18,19 y 20 excepto en de la segunda mitad de la fase 2 donde las preferencias iniciales y finales de las ratas LR no difirieron. Este resultado se deriva aparentemente del "efecto de techo"[44] causado por el hecho de que en el caso de las ratas LR, la preferencia hacia la opción FV en las sesiones

[44] Aquí se hace referencia a un posible efecto de techo debido a la forma de la curva que se observa en las ratas LR. No obstante, no es posible concluir que eso se deba exclusivamente a un efecto de techo, ya que la forma de la curva, tal como se señala, puede ser consecuencia de una preferencia casi exclusiva por la opción FV. Para determinar qué es exactamente lo que provoca esa forma de la curva sería necesaria más evidencia empírica. Otra explicación plausible es que lo que parece

finales fue casi exclusiva. En el caso de las ratas HR, aun con la exposición al procedimiento durante 48 sesiones, su preferencia hacia FV en las sesiones iniciales y finales de la segunda mitad no fue tan marcada como en el caso de las ratas LR. Considerando los datos solamente desde un punto de vista descriptivo, lo que parece suceder es que las ratas LR desarrollan una preferencia por la alternativa FV más rápidamente y de manera mucho más marcada que las ratas HR durante las primeras 24 sesiones. La exposición al procedimiento durante las segundas 24 sesiones incrementa la preferencia hacia la opción FV en las ratas LR, y aunque las ratas HR también incrementan su preferencia hacia FV, está siempre se encuentra por debajo de la de las ratas LR. Observando la preferencia durante las 48 sesiones, no es posible concluir que el grado de privación tenga efecto sobre la preferencia, esto tanto para las ratas LR como HR.

En conjunto estos resultados pueden interpretarse de varias maneras dependiendo del mecanismo que se asuma es responsable del efecto. Existen por lo menos cuatro posibilidades:

Diferencias en sensibilidad al riesgo

Siendo que las ratas LR adquieren la preferencia por la opción variable de forma más rápida y consistente, y considerando que las ratas HR terminan prefiriendo también dicha opción pero de forma menos marcada y con una adquisición más lenta de la preferencia, es posible que las ratas HR sean menos sensibles al riesgo que las ratas LR. No obstante, debido a que el grado de privación no tuvo efecto sobre la preferencia para ninguno de los grupos, esta suposición no es consistente con el modelo del presupuesto de energía tal como fue planteado por Stephens (1981). Visto de este modo la preferencia final en el procedimiento de sensibilidad al riesgo estuvo determinada por la clasificación en la dimensión propensión a la novedad más que por la manipulación del grado de privación entendido como manipulación del presupuesto de energía. Cabe señalar que el modelo del presupuesto de energía no establece predicciones respecto a diferencias individuales en sensibilidad al riesgo, por lo que para corroborar esta suposición sería necesario integrar en dicho modelo algún parámetro que diera cuenta de las diferencias individuales. Respecto a la ausencia de efecto del nivel de privación, es necesario notar que aunque esto resulta contradictorio en relación al modelo del presupuesto de energía, otros estudios ya han encontrado que las diferencias en la preferencia en procedimientos experimentales que evalúan riesgo, no son

un efecto de techo sea la consecuencia de que las ratas LR alternan menos que las HR, ello también requiere verificación empírica.

afectadas por el grado de privación (Rivalan et al., 2009). En dicho trabajo, la clasificación entre ratas buenas y malas[45] para elegir determina la preferencia incluso sobre el grado de privación e incluso con exposición prolongada al procedimiento de elección.

Discordancia con el modelo de búsqueda de sensaciones en humanos

Si el modelo LR/HR simula el rasgo de búsqueda de sensaciones en humanos (*sensation seeking*), el resultado esperado sería que las ratas HR prefirieran más la opción variable (la opción arriesgada), dado que en humanos la propensión a la novedad aparece asociada a conductas arriesgadas (Zuckerman y Kuhlman, 2000). En este caso habría que señalar que las conductas arriesgadas tal como se abordan en el trabajo de Zuckerman y Khulman (2000), agresión y juego patológico entre otras, no corresponden necesariamente con elecciones arriesgadas en contextos experimentales; por lo menos dicha correlación no ha sido establecida hasta ahora.

En un trabajo relativamente más recientemente Roussos et al. (2009) encontraron que el genotipo L-DRD4 se asocia con mayores puntajes en búsqueda de novedadad y que a su vez los puntajes altos en búsqueda de novedad correlacionan con una peor ejecución en la prueba de IOWA. Este hallazgo confirmaría en humanos la relación entre búsqueda de novedad y propensión al riesgo en situaciones experimentales. Siendo así los resultados encontrados serían contrarios a lo esperado. No obstante, es necesario señalar que el IOWA difiere de los procedimientos en sensibilidad al riesgo al incluir indicadores de impulsividad (preferencia por las opciones desventajosas a largo plazo) y de aprendizaje (número de sesiones necesarias para preferir la opción ventajosa), así como opciones que difieren en el promedio de reforzamiento. Debido a esto, es posible asumir que el IOWA aunque mide riesgo en un contexto experimental no es completamente comparable a los procedimientos habituales en sensibilidad al riesgo.

Otros hallazgos empíricos sugieren que el modelo LR/HR no modela completamente el rasgo de búsqueda de sensaciones en humanos, ya que las ratas LR y HR difieren en procesos que o no se han replicado en humanos o no corresponden con lo encontrado en humanos. Por ejemplo, Flagel et al. (2010) encontraron una correlación entre la clasificación LR/HR y las diferencias de atribución de saliencia incentiva, esto es, las ratas LR tienden a ser *goal-trackers* y las HR tienden a ser *cue-trackers.* Curiosamente encuentran también que las ratas LR tienden a ser

[45] Tal como se mencionó en la descripción de ese trabajo, las ratas buenas para escoger son aquellas que logran maximizar sus ganancias durante el IOWA y las malas son aquellas que obtienen ganancias marginales.

más impulsivas en un procedimiento de descuento de demora en comparación las ratas HR, mientras que sucede lo contrario en un procedimiento de reforzamiento diferencial de tasas bajas. Este hallazgo resulta inconsistente con los resultados de Zuckerman y Kuhlman (2000), ya que ellos encontraron que las puntuaciones altas en búsqueda de novedad correlacionaban con puntuaciones altas en impulsividad[46].

Es necesario señalar que la clasificación LR/HR no sólo modela predisposición a las adicciones, también se ha usado para modelar conductas relacionadas con ansiedad (Stead et al. 2006), así como reactividad a estresores sociales (Duclot, et al., 2011).

En consecuencia, las ratas LR/HR difieren en diversos procesos que no necesariamente corresponden con el modelo de búsqueda de sensaciones en seres humanos. Dichos procesos (particularmente la ansiedad, el estrés y la impulsividad) han mostrado tener efectos sobre las decisiones en condiciones de riesgo. En esta medida es posible hipotetizar que estos procesos pudieron haber tenido algún efecto en los resultados obtenidos en este experimento.

Impulsividad y *ansiedad*

El modelo LR/HR no se ha utilizado directamente para modelar impulsividad pero algunos hallazgos experimentales sugieren que las ratas LR y HR difieren en dicho proceso. Particularmente, el trabajo de Flagel et al. (2010) sugiere que las ratas LR son más impulsivas en lo que se denomina impulsividad de elección, que alude a la incapacidad de elegir un reforzador grande y demorado sobre uno pequeño e inmediato. La asociación entre impulsividad y riesgo ha sido sugerida por Mazur (2004) en términos de los efectos acentuados del descuento de la demora. En el caso de los humanos la relación entre impulsividad y propensión al riesgo en situaciones experimentales de elección ya ha sido demostrada, aunque con resultados en ocasiones contradictorios (Franken et al., 2008; Upton et al., 2011). Asumiendo que las ratas LR son más impulsivas en un procedimiento de descuento de demora y que la impulsividad aparece asociada a la preferencia por el riesgo, los resultados del experimento 2 donde las ratas LR muestran mayor preferencia por la opción variable podrían ser explicados en esos términos.

[46] Esta inconsistencia relacionada con el proceso de impulsividad vendría a cuestionar qué tanto corresponde el modelo LR/HR con el modelo de búsqueda de sensaciones en humanos.

Respecto a la ansiedad, también se ha demostrado que mantiene una correlación positiva con el riesgo. Sin embargo, esta correlación es aún menos clara que en el caso de la impulsividad. Por ejemplo, Rivalan et al. (2009) usaron una clasificación de ratas en base a su ejecución en una adaptación del IOWA para ratas. Reportaron que las ratas que tendieron a escoger la opción desventajosa (arriesgada) no eran aquellas que obtuvieron más altos indicadores de ansiedad en la prueba del laberinto elevado (explorar los brazos abiertos). En otro estudio con ratas, De Visser et al. (2011a) correlacionaron la ejecución durante el laberinto elevado con la preferencia en otra adaptación del IOWA, encontrando que las ratas con puntuaciones más bajas en ansiedad emitían más elecciones ventajosas.

En el caso de los humanos también se han encontrado resultados variables. Por ejemplo, altos puntajes en ansiedad predicen más elecciones desventajosas en el IOWA (Miu, Heilman & Houser, 2008) pero también los puntajes bajos en ansiedad pueden predecir elecciones desventajosas (De Visser et al. 2010).

Considerado lo anterior, aunque las ratas LR se han usado para modelar ansiedad, no queda claro si la alteración de este proceso haya determinado su preferencia en el experimento 2. Si las ratas LR son más ansiosas y la ansiedad se asocia con propensión al riesgo, entonces los resultados del experimento 2 podrían ser explicados en esos términos, pero debido a la inconsistente relación encontrada entre ansiedad y riesgo, esta afirmación requeriría de mayor soporte experimental.

Niveles de alternación espontánea

No hay evidencia experimental de que las ratas LR y HR difieran en su porcentaje de alternación, ya sea en laberintos o en procedimientos operantes. La posibilidad de que difieran surge de observar que las ratas HR tuvieron puntuaciones más cercanas al punto de indiferencia durante el experimento 1 (ver Figura 12), y de notar además que durante el experimento 2 aunque tendieron a preferir la opción variable, sus puntuaciones promedio nunca alcanzaron a las de las ratas LR (véanse Figuras 17 y 21). Si la preferencia de las ratas HR hacia la opción variable en el experimento 2 nunca alcanzó a la preferencia mostrada por las LR, es posible hipotetizar que se deba a que las ratas HR alternan más entre las opciones, lo cual se manifestaría en una preferencia menos marcada.

Aunque las diferencias en impulsividad y ansiedad no pueden ser descartadas por completo, en un tercer experimento desarrollado se exploró la existencia de diferencias en alternación espontánea en ratas LR y HR.

Respecto a los datos obtenidos en relación a la latencia de elección es necesario señalar que no existen hallazgos previos que demuestren que las ratas LR y HR difieran en esta medida, por lo que no es posible contrastar dichos datos en términos de su correspondencia con el modelo LR/HR.

Considerando hallazgos encontrados en sensibilidad al riesgo es posible afirmar que durante la fase 1 del experimento las ratas LR presentan una latencia de elección conforme a lo se ha encontrado en otros trabajos donde se analiza la latencia durante los ensayos de no elección (Shapiro, Siller & Kacelnik, 2008; Vasconcelos, Monteiro & Kacelnik, 2010)[47], lo cual no sucede con las ratas HR. Durante la fase 2, las latencias de las ratas LR y HR se vuelven similares, esto es, ambos grupos muestran menor latencia hacia la opción FV. Lo cual implica que durante la fase 2 las latencias de las ratas HR se volvieron conforme a lo esperado, y además las latencias de las ratas LR para ambas opciones se vuelven menores que las de las ratas HR. No es posible establecer qué fue lo que causó este efecto, es posible las latencias cortas se asocien con elecciones impulsivas, pero esta suposición requiere verificación en el contexto de los procedimientos en sensibilidad al riesgo. Al considerar las latencias durante los ensayos libres se observa que la tendencia a emitir menores latencias hacia FV se mantiene durante la fase 1 para ambos grupos, pero durante la fase 2, esta tendencia se invierte para las ratas LR y se conserva en las HR. Tampoco es posible determinar qué fue lo que pudo haber provocado este efecto. Así, aunque el experimento estuvo más enfocado a analizar la preferencia, los datos obtenidos del análisis de latencias demuestran que las ratas LR y HR también difieren en esa medida, pero no es posible determinar qué es lo que causa esas diferencias.

[47] En los trabajos citados las latencias de elección durante los ensayos de no elección predicen la preferencia durante los ensayos de elección libre. De modo que durante los ensayos forzados aquella opción que haga emitir al animal una menor latencia de elección, es la que será preferida durante los ensayos de elección libre.

Experimento 3

El objetivo de experimento 3 fue evaluar si las ratas LR y HR difieren en su porcentaje de alternación espontánea. Para ello se utilizó un programa concurrente en extinción con diferentes estímulos discriminativos a los empleados en el experimento 2. Se describirá a continuación.

Diseño

Para este experimento se usaron las mismas ratas del 2 privadas al 85%.

El experimento 3 constó de 2 fases. En la primera fase las ratas fueron expuestas un procedimiento que permitiera inducir niveles de alternación iguales y eliminar cualquier posible preferencia adquirida por las ratas en los experimentos anteriores. Así, las ratas fueron expuestas a un programa donde se reforzaba la emisión de 5 respuestas en la palanca izquierda y después 5 respuestas en la palanca izquierda, esto en ausencia de estímulos discriminativos. Cada respuesta emitida era seguida por la retracción de la palanca y 9 giros de tobela, que entregaban amaranto de forma inmediata. Sin aplicar ninguna demora, después de la entrega del amaranto la palanca se volvía a presentar, esto se repetía hasta que la rata obtuviera 5 reforzadores en cada palanca. Las sesiones finalizaban hasta que se obtenían un total de 40 reforzadores.

En la fase dos, las ratas fueron expuestas durante 5 sesiones al procedimiento de alternación empleando un programa concurrente en extinción. En cada sesión las ratas fueron expuestas a dos palancas; la izquierda estuvo asociada a una luz verde y la derecha a una luz roja. El responder en cualquiera de las palancas causaba la retracción de ambas y un intervalo de 10 segundos en ausencia de luces. Las sesiones terminaban al completar 40 ensayos o al transcurrir 50 minutos.

Se consideró una alternación cuando, dadas dos respuestas consecutivas, éstas eran emitidas en palancas distintas.

Análisis de datos

Dada la cantidad de puntuaciones obtenidas se utilizaron pruebas estadísticas no paramétricas tanto para el porcentaje de alternación como para el número de respuestas por sesión. Así, se comparó el porcentaje total

de alternación y el número total de respuestas entre grupos empleando la U de Mann-Whitney y se comparó el porcentaje de alternación por sesión y el número de respuestas por sesión empleando la prueba de Kruskall-Wallis.

Resultados

Los resultados mostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de alternación a lo largo de las sesiones (U de Mann-Whitney = 134; p = .074) y tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de alternación entre grupos durante cada una de las sesiones: sesión 1 (Chi cuadrada = .759 (1); p = 384), sesión 2 (Chi cuadrada = .000 (1); p = 1), sesión 3 (Chi cuadrada = 2.083 (1) = .149), sesión 4 (Chi cuadrada = 3 (1) p = .083), sesión 4 (Chi cuadrada = .083 (1); p = .773). A pesar de esto se observa una ligera tendencia de las ratas HR a alternar más que las ratas LR, ya sea en el porcentaje de alternación total o el porcentaje de alternación por sesiones (ver Figuras 25 y 26).

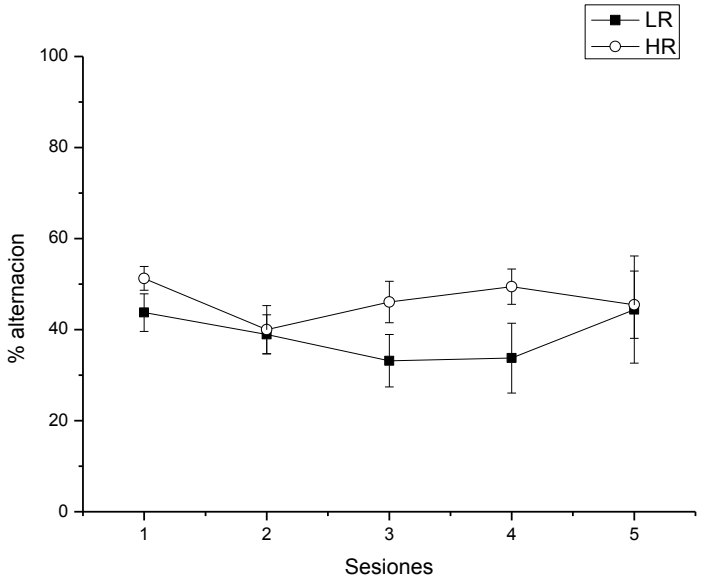

Figura 25.- Porcentaje promedio de alternación y error típico durante las 5 sesiones del experimento 3.

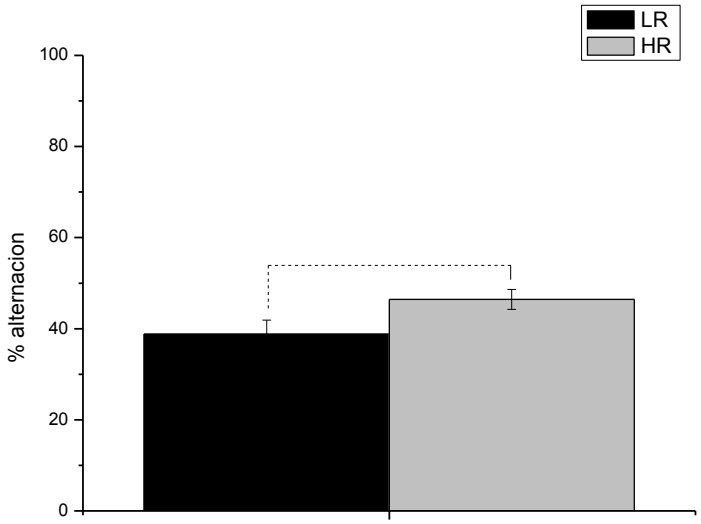

Figura 26.- Porcentaje promedio de alternación y error típico considerando las 5 sesiones.

Analizando el número de respuestas totales se observa que no hay diferencias estadísticamente significativas entre grupos (U de Mann-Whitney = 188.500; P = .744). Al comparar el número de respuestas por sesión no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos: sesión 1 (Chi cuadrada = 1 (1); p = 3.17), sesión 2 (Chi cuadrada = 1 (1); P = .317), sesión 3 (Chi cuadrada = .088 (1); p = .767), sesión 4 (Chi cuadrada = .333 (1); p = .564), sesión 5 (Chi cuadrada = .021 (1); p = .885). Así, como se observa en la Figura 28 el decremento en el número de respuestas por sesión para alas ratas LR y HR.

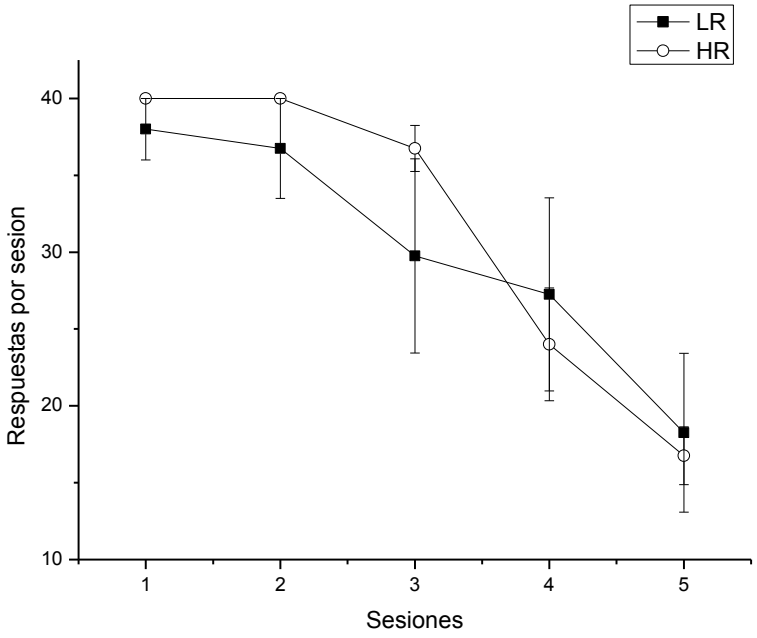

Figura 27.- Porcentaje promedio de respuestas y error típico durante el experimento 3 y error típico.

Discusión

El experimento 3 no permite concluir que la variable determinante de la diferencia en los patrones de preferencia por la opción variable en las ratas LR y HR sea la alternación. No obstante, el experimento sí sugiere que existen diferencias en los niveles de alternación espontanea en las ratas LR y HR. En este caso no hay evidencia empírica directa que sugiera que las ratas HR tienen una mayor tendencia a la alternación espontánea. No obstante, existen hallazgos en neurología que sugieren que las ratas HR difieren en la cantidad de receptores de dopamina (Flagel et al. 2010) así como en sus niveles de dopamina en ciertas áreas como el núcleo estriado (Antoniou et al. 2008). La dopamina a su vez aparece implicada en algunos de los efectos de condicionamiento de la novedad (Bevins, 2001).

La conducta de las ratas HR que las diferencia de las LR, parece estar parcialmente mediada por diferencias en niveles de dopamina y en la cantidad de receptores de dopamina, que a su vez interviene en la respuesta hacia estímulos novedosos. Considerando que la conducta de alternación espontanea es susceptible de ser modificada afectando antagonistas de dopamina (Moustagaard, Hau & Lind, 2008), es posible que las diferencias de las ratas HR en sus niveles de dopamina y en la cantidad de receptores de dopamina puedan generar diferencias en su porcentaje de alternación espontanea.

Si bien el experimento 3 no mostró diferencias tan claras entre los porcentajes de alternación espontánea por sesiones, si mostró que considerando todas las sesiones en conjunto las ratas HR tienen porcentajes promedio de alternación mayores que las ratas LR. Es importante señalar también que la exposición prolongada a un procedimiento de elección entre dos opciones pudo haber disminuido los porcentajes de alternación de ambos grupos a niveles indiferenciables. Este efecto de disminución en la alternación por exposición previa (asumiendo que el experimento 2 implicó una exposición un procedimiento que permitía la alternación) ya ha sido reportado anteriormente (Cox, 1970).

Con la finalidad de verificarla evidencia que permitiera analizar las diferencias existentes en alternación espontánea entre ratas clasificadas como LR y HR se realizó un análisis de los patrones de alternación espontánea en el experimento 2.

Análisis de alternación espontánea en el Experimento 2

Para analizar el porcentaje de alternación durante el experimento 2, se consideró el porcentaje promedio total de alternación durante la primera y la segunda fase para cada grupo. Posteriormente, procediendo con el mismo tipo de análisis del experimento 2, cada fase fue dividida en 4 periodos tomando las primeras y últimas sesiones de cada mitad. Así, el periodo 1 incluyó las sesiones 1, 2 y 3, el periodo dos incluyó las sesiones 10, 11 y 12, el periodo tres incluyó las sesiones 13, 14 y 15, y el periodo 4 incluyó las sesiones 22, 23 y 24. Se promedió el porcentaje de alternación de cada periodo y se realizaron comparaciones entre grupos.

Con el primer tipo de análisis se encontró que las ratas LR tuvieron un porcentaje promedio de alternación de 18.15 % durante la primera fase, mientras que las ratas HR tuvieron un porcentaje promedio de 37.56 %, observándose entre ambos una diferencia estadísticamente significativa ($t (89) = -9.763$; $p < .01$). Durante la segunda fase, las ratas LR tuvieron un porcentaje promedio de alternación de 10.27% y las HR un porcentaje

promedio de 31.99 %, observándose también una diferencia estadísticamente significativa (t (93) = -12.178; p < .01), tal como se observa en la Figura 28.

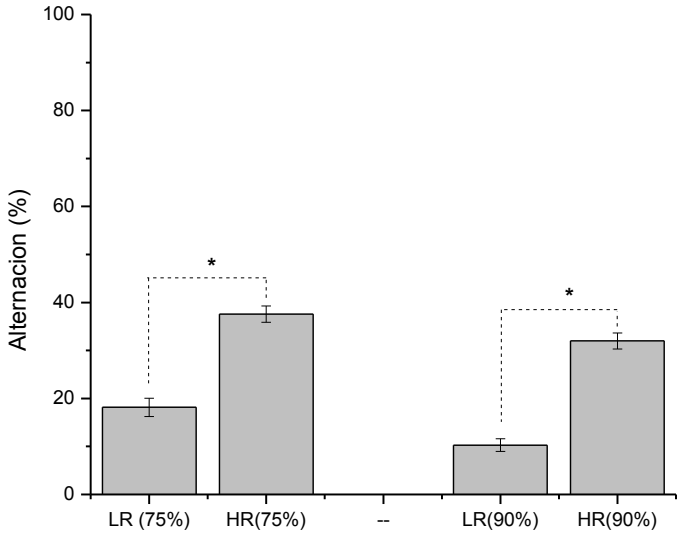

Figura 28.- Porcentaje promedio de alternación y error típico para las ratas LR y HR durante ambos niveles de privación.

Si se compara el porcentaje promedio de alternación entre los sujetos de un mismo grupo es posible notar que en ambos grupos hay un ligero decremento en la alternación como resultado de la manipulación del nivel de privación, específicamente al pasar del 75% al 90% del peso en línea base. En consecuencia, las ratas LR mostraron una disminución estadísticamente significativa en su porcentaje promedio de alternación al pasar de la fase 1 a la 2 (t (91) = 4.791; p < .01). Esta disminución en el porcentaje de alternación se presentó también en las ratas HR (t (91) = 2.850; p < .01). Véase la Figura 29 para una representación gráfica de los resultados reportados.

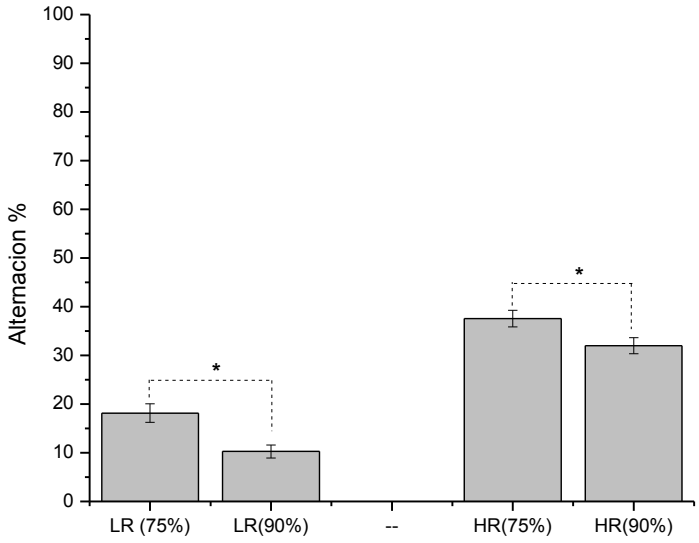

Figura 29.- Porcentaje promedio de alternación y error típico comparando a los sujetos de un mismo grupo en ambos niveles de privación.

Durante la primera fase del experimento las ratas HR mantuvieron en general un porcentaje promedio de alternación superior al mostrado por las LR. Así, al comparar el periodo 1 entre grupos se observa que las ratas LR y HR no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($t(10) = -1.865$; $p = .092$), respecto a los periodos 2, 3 y 4 sí se observaron diferencias estadísticamente significativas entre grupos, de modo que las ratas HR alternaron significativamente más en los periodos 2 ($t(11) = -5.690$; $p < .01$), 3 ($t(10) = -3.476$; $p < .01$) y 4 ($t(11) = -4.399$; $p < .01$). Estos resultados se grafican en la Figura 30.

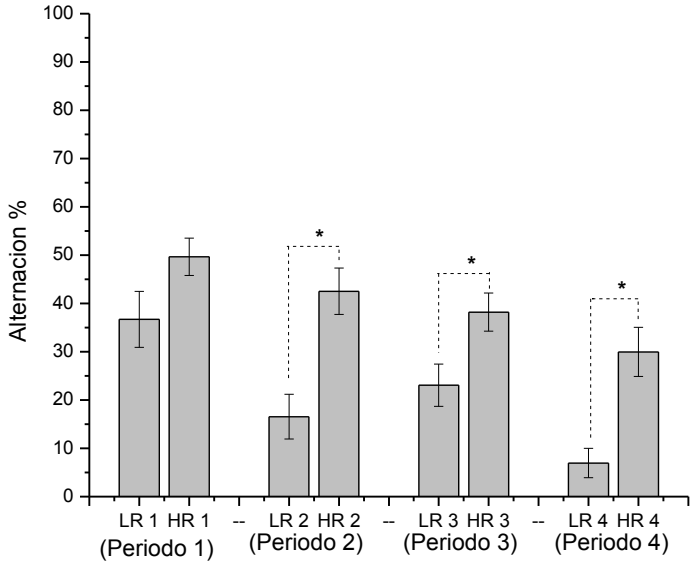

Figura 30.- Porcentaje promedio de alternación espontánea y error típico durante la fase 1 considerando sesiones iniciales y finales durante 4 periodos.

Al analizar la segunda fase se observa un resultado similar. Las ratas HR tuvieron un porcentaje promedio de alternación significativamente mayor que las ratas LR en el periodo 1 ($t(10) = -2.345$; $p = .041$), en el periodo 2 ($t(11) = -9.601$; $p < .01$), en el periodo 3 ($t(11) = -4.279$; $p < .01$) y en el periodo 4 ($t(11) = -4.558$; $p < .01$). Esta tendencia se observa en la Figura 31.

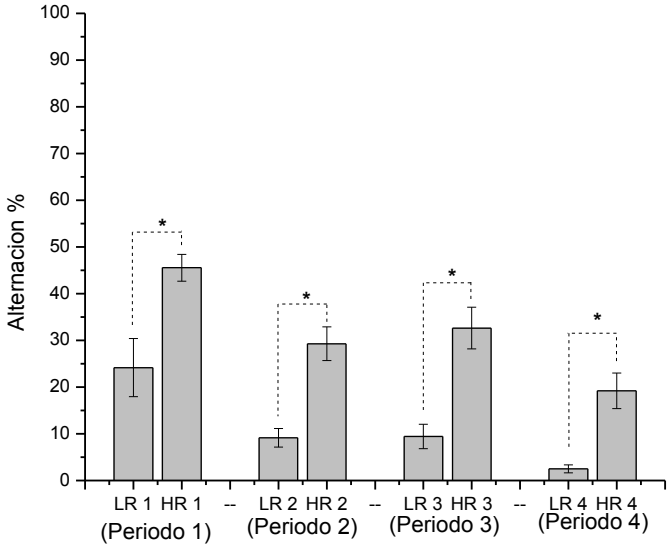

Figura 31.- Porcentaje promedio de alternación espontánea y error típico durante la fase 2 considerando sesiones iniciales y finales durante 4 periodos.

Al considerar el porcentaje de alternación sesión por sesión es posible notar que en términos generales los promedios de alternación de las ratas HR están constantemente por encima de los promedios de las LR y así se mantienen a lo largo de la mayoría de las sesiones, tanto en la fase 1 (Figura 32) como en la fase 2 (Figura 33).

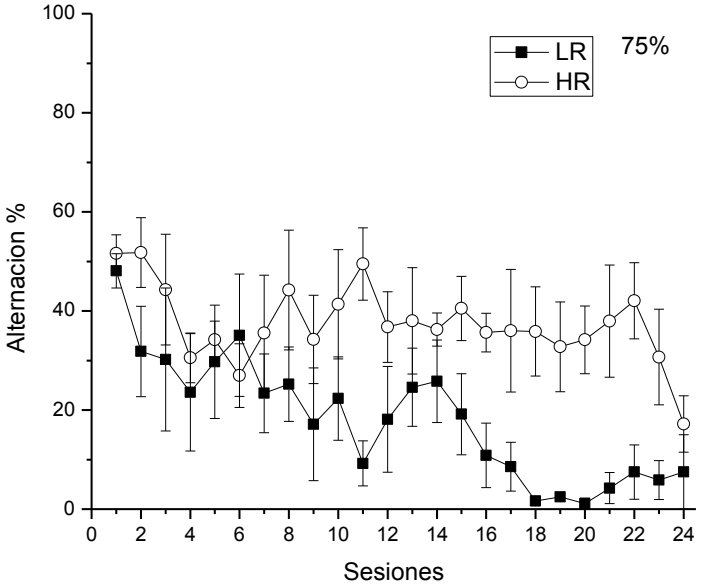

Figura 32.- Porcentaje promedio de alternación espontánea y error típico durante la primera fase del experimento 2 (al 75% de privación).

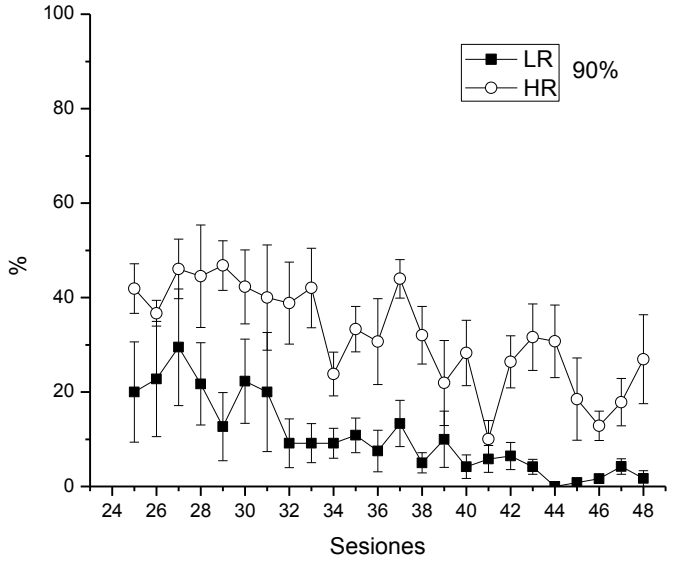

Figura 33.- Porcentaje promedio de alternación espontánea y error típico durante la segunda fase del experimento 2 (al 90% de privación).

DISCUSIÓN GENERAL

La serie experimental muestra en conjunto que la preferencia por las opciones arriesgadas en términos de su variabilidad en demora, es determinada parcialmente por otras variables inicialmente no contempladas por el modelo de presupuesto de energía. Dichas variables son, cuando menos: la propensión a la novedad, el carácter novedoso o familiar de las opciones y el nivel de alternación espontánea.

El experimento 1 muestra que la introducción de opciones novedosas en un procedimiento de sensibilidad al riesgo tiene efectos en la preferencia. Dichos efectos fueron dependientes de la clasificación LR/HR. La preferencia por la opción NV en ambos grupos (siendo mayor para el grupo LR) sugiere que el efecto esperado de preferencia por la variabilidad dado el nivel de privación usado, se ve incrementado cuando la opción variable tiene propiedades novedosas. La preferencia hacia NC indica que la novedad también aumenta la preferencia hacia opciones que inicialmente serían menos preferidas dado el nivel de privación. Estas dos tendencias se encuentran en concordancia con otros hallazgos que han mostrado la función reforzante de la novedad en otros procedimientos (Wittman, et al., 2008; Gancarz, et al., 2012) así como la tendencia a preferir los estímulos novedosos (Williams y Kuchta, 1957; Hughes, 2007).

Otra posible explicación para la preferencia por las opciones novedosas es que la complejidad y variabilidad asociada a ellas haya aumentado su saliencia como estímulos condicionados, aunque no queda claro como podría ser explicada la preferencia por la variabilidad en términos del condicionamiento clásico, dado que la mayoría de los hallazgos en sensibilidad al riesgo provienen de otro tipo de aproximaciones. Aun así, el término saliencia se ha usado en algunos modelos sobre impulsividad en elección intertemporal, aunque en este caso el término hace referencia en términos generales a un parámetro ($\bar{V}$) que permite explicar cierto tipo de elecciones impulsivas (Lades, 2012)[48]. Si la novedad tuvo un efecto aditivo ya sea por su valor reforzante o por su efecto sobre la saliencia incentiva de las opciones, no puede ser determinado de forma definitiva en este trabajo, ya que por

[48] En términos generales la saliencia incentiva se refiere a la capacidad que tienen las (señales asociadas al reforzador) de orientar la conducta hacia la impulsividad, es decir, de provocar una necesidad por reforzadores inmediatos sobre demorados. De acuerdo con el modelo, el reforzamiento puede ser separado en dos componentes, uno de privación ("wanting") y otro de placer ("liking"), ciertas señales pueden afectar el componente de privación (por ejemplo, el placer esperado al consumir un determinado reforzador en el futuro) alterando en consecuencia el modo en que se descuenta el valor de los reforzadores demorados.

el modo de administrar las opciones no queda claro cuál o cuáles de las propiedades de las opciones afectaron la preferencia. Lo mismo puede decirse sobre la transitividad o intransitividad de las preferencias.

El resultado de que las ratas LR hayan preferido de forma más clara y consistente las opciones novedosas es inicialmente contradictorio, pero tal como ya se ha mencionado en la discusión del experimento 2, el modelo LR/HR también aparece asociado a otro tipo de procesos alterados como la ansiedad, mismos que podrían explicar los resultados del experimento 2.

Es necesario hacer notar que la ausencia de una preferencia marcada en las ratas HR (que se evidencia en sus puntuaciones cercanas al punto de indiferencia) en comparación con las LR en el experimento 1, pudo haber sido causada por una mayor tendencia a la alternación espontánea, lo cual concordaría con los resultados encontrados en el experimento 3 y el análisis de los datos del experimento 2. No obstante, esta posibilidad no se puede verificar empíricamente con los datos del experimento 1, debido a la forma aleatoria en que se presentaron las 4 opciones.

Considerados en conjunto, los efectos encontrados en el experimento 1 no dejan claro cuál fue la variable que determinó la preferencia, pudiendo ser el resultado de la opción o las características del estímulo discriminativo asociado a ella[49]. No obstante, los resultados del experimento 1 permitieron establecer que las ratas LR y HR difieren en sus patrones de elección hacia opciones que varían en las propiedades de novedad, familiaridad, constancia y variabilidad, a pesar de que dichos patrones de elección encontrados no fueran en apariencia consistentes con lo que se esperaría de acuerdo al modelo LR/HR y el modelo de búsqueda de sensaciones. De cualquier forma, el hallazgo del experimento 1 permitió establecer una línea de investigación para explorar más directamente los procesos implicados en la preferencia de las ratas LR y HR, que derivó en la realización del experimento 2.

El experimento 2 muestra que las ratas LR son más propensas al riesgo que las ratas HR, y que dicho efecto no dependió del grado de privación. Considerando que el procedimiento utilizado se basó en las especificaciones de los procedimientos en sensibilidad al riesgo y que estuvo lo más apegado posible a otro experimento donde se

[49] Considerando esto, otras posibles vías de exploración podrían establecerse para averiguar efectos más específicos. Por ejemplo, estudiar la preferencia hacia opciones novedosas manteniendo el resultado fijo o la preferencia hacia dos opciones novedosas cuyo resultado es variable.

sí se encontró el efecto de preferencia por la variabilidad (Zabludoff et al., 1988), este hallazgo contradice las predicciones del modelo del presupuesto de energía, al mostrar que la preferencia por la opción variable no dependió del grado de privación. Esto implicaría, como se menciona en la discusión del experimento 2, que bajo ciertas condiciones la preferencia por el riesgo está predeterminada por ciertas características genéticas, en este caso particular la búsqueda de novedad, misma que como ya se ha mostrado es un rasgo heredable (Stead et al. 2006). Cabe señalar que el modelo del presupuesto de energía tal como fue formulado inicialmente por Stephens (1981) no establece predicciones respecto a diferencias individuales en propensión al riesgo o a la novedad. Visto de este modo, los resultados del experimento 2 plantearían una cuestión importante a resolver, esto es, la determinación de los efectos del grado de privación en relación a diferencias individuales genéticamente determinadas. Los resultados obtenidos en este trabajo sugieren que la sensibilidad al riesgo viene determinada tanto por la manipulación del presupuesto de energía como por predisposiciones genéticas.

Si se observa el resultado del experimento 1 en el contexto FC-FV es posible notar que la preferencia de las ratas LR se replica en el experimento 2, es decir, se prefiere FV sobre FC en ambos experimentos. Pero en el caso de las ratas HR se prefiere FV por encima del punto de indiferencia en el experimento 2 pero no en el experimento 1. No es posible dar una explicación definitiva de este efecto, pero es probable que la preferencia inestable de las ratas HR en el experimento 1, así como su mayor tendencia a alternar en el experimento 2, hayan provocado ese efecto. Cabe señalar, además, que la inclusión de más de dos alternativas modifica la proporción relativa de elección de cada una de ellas, de modo que es menos probable encontrar niveles de preferencia por encima del punto de indiferencia con 4 alternativas que con dos. Esta tendencia ya ha sido mostrada en otros estudios donde se emplean más de dos alternativas (Schuck-Paim et al., 2004).

Aunque se encontró un mayor porcentaje de alternación en el experimento 2 en las ratas HR que en las LR, durante el experimento 3 el efecto no es tan claro, especialmente en la última sesión donde los porcentajes promedios de alternación de las ratas LR y HR son prácticamente idénticos. Una posible explicación sería que debido a la tendencia habitualmente encontrada de disminución de alternación en función de los ensayos los niveles finales de alternación se igualaron por un efecto de piso. No obstante, lo que se observa en la última sesión no son puntuaciones más bajas que las de las sesiones anteriores, por lo tanto, esta explicación parece poco plausible. Otros procedimientos podrían explorar los porcentajes de alternación en ratas LR y HR con procedimientos extendidos o que involucren la presencia de reforzador, ello con la intención de obtener curvas que permitan esclarecer cómo difieren las ratas LR y HR en su porcentaje de alternación a lo largo de las sesiones.

Un argumento plausible para explicar los mayores porcentajes de alternación encontrados en el experimento 2 es que debido a la preferencia tan marcada de las ratas LR hacia la opción FV (con puntuaciones cercanas al 100%) su porcentaje de alternación tendería a disminuir, mientras que las ratas HR al tener puntuaciones entre el 85% y 70% su porcentaje de alternación tendería a aumentar. Aunque esto es posible, la sola presencia de una preferencia entre 85% y 70%, si bien posibilita un mayor porcentaje de alternación en comparación con puntuaciones de 100%, no conduce necesariamente a un mayor porcentaje de alternación, ya que eso depende del modo específico en que el animal distribuye sus respuestas en cada opción. Aun así, este argumento plantea otra posibilidad, ya que el mayor porcentaje de alternación espontánea puede ser causa o consecuencia, es decir, las ratas HR pudieron haber alternado más porque su preferencia es inestable o su preferencia es inestable porque alternan más. La alternación espontánea puede ser debida a la alteración de algún otro mecanismo como la memoria. De hecho, ya ha sido sugerido que las ratas HR desarrollan déficits en memoria (Blanchard et al., 2009), aunque esta explicación parece poco plausible en el contexto del experimento 2.

Los datos obtenidos en relación a la latencia de elección durante el experimento 1 no muestran un patrón definido, excepto una ligera tendencia de las ratas LR a mostrar menores latencias en comparación con las HR (véase apéndice 5).

En el caso del experimento 2 durante la fase 1 se observa que las ratas LR mantienen menores latencias durante los ensayos de no-elección hacia la opción FV en comparación con las ratas HR; éstas últimas mantienen latencias similares para ambas opciones. Durante la fase 2 las ratas HR muestran una menor latencia hacia FV y la tendencia inicial de las LR se mantiene. Durante esta misma fase se observa también que las latencias de las LR para ambas opciones son menores que para las HR. En el caso de los ensayos libres ambos grupos presentan latencias menores hacia FV durante la fase 1 (privación 75%), pero en la fase 2 (privación 90%) en las ratas LR esta tendencia se invierte, mientras que en las HR se mantiene.

Estos resultados en relación a las latencias del experimento 2, serían consistentes con los encontrados en otros procedimientos donde la opción que se elige con menor latencia durante los ensayos de no-elección es la que se prefiere durante los ensayos libres (Vasconcelos et al., 2010; Shapiro et al., 2008)[50]. Respecto a las

[50] En términos generales lo que se sugiere en estos trabajos es que los animales están mejor adaptados a elecciones secuenciales que a elecciones binarias, y que una forma en que se expresa la preferencia cuando los opciones son presentadas aisladamente es mediante latencias más cortas.

tendencias encontradas durante las elecciones libres no hay experimentos que hayan reportado este mismo patrón.

En relación a la tendencia de las ratas LR a mostrar menores latencias hacia ambas opciones durante la fase 2, sería posible establecer una explicación en términos de impulsividad (la cual también estaría apoyada por la mayor preferencia hacia FV). Existe por lo menos un trabajo donde las ratas LR son más impulsivas que las HR en un procedimiento de descuento de demora (Flagel et al. 2010), pero es evidente que dadas las diferencias entre ambos procedimientos (considerando además las diferentes manifestaciones conductuales que ha mostrado tener la impulsividad), una explicación en términos de impulsividad requiere mayor verificación empírica.

En conclusión, los datos de los tres experimentos indican la intervención de por lo menos tres variables en los procedimientos de sensibilidad al riesgo: la novedad de las opciones, la búsqueda de novedad como rasgo genéticamente predeterminado y la alternación espontánea.

Implicaciones para el estudio de las elecciones arriesgadas

Si se observan los resultados en el contexto de la teoría del forrajeo y el modelo del presupuesto de energía, una de las principales aportaciones de este trabajo sería en relación al efecto que tiene la clasificación LR/HR sobre la preferencia. Esto implicaría que las diferencias individuales en la búsqueda de novedad determinan patrones de preferencia por la variabilidad incluso por encima del grado de privación. Esta cuestión no había sido considerada ni desde el planteamiento inicial de la teoría del forrajeo (Stephens & Krebs, 1986) ni desde la formulación inicial del modelo del presupuesto de energía (Stephens, 1981). La suposición de que las diferencias individuales (aunque no sean específicamente aquéllas relacionadas con la búsqueda de novedad, sino aquéllas relacionadas con procesos como sensibilidad al reforzador y ansiedad) afectan la preferencia en los procedimientos de elección, ya ha sido demostrada en procedimientos de elección con ratas que modelan el juego del IOWA para humanos (Rivalan et al. 2009)[51], pero esta idea no ha sido extendida a los procedimientos en

[51] Si se observan los resultados del trabajo de Rivalan et al. (2009), el principio de maximización asumido por la teoría del forrajeo también resultaría cuestionado, ya que en el caso de dicho trabajo, son las diferencias individuales lo que determina la tasa de ganancias. De modo que, un grupo de ratas nunca maximiza sus ganancias en comparación con los otros grupos, ellos independientemente del grado de privación.

sensibilidad al riesgo, donde se asume que minimización de la probabilidad de morir de hambre es lo que determina la preferencia por la variabilidad al aumentar el grado de privación.

Este último punto, referente a la preferencia por la variabilidad como consecuencia de una maximización marginal de la probabilidad de supervivencia, resultaría claramente cuestionado en el presente trabajo, ya que empleando un procedimiento de sensibilidad al riesgo, los patrones de preferencia no se modificaron al pasar de un nivel de privación del 75% a uno del 90%.

Los resultados obtenidos en relación a los niveles de alternación espontánea de las ratas LR y HR, implican que hay un proceso conductual que puede determinar la preferencia en procedimientos de sensibilidad al riesgo, mismo que no había sido tomado en cuenta con anterioridad. Así, dado que en los procedimientos en sensibilidad al riesgo habitualmente las elecciones se efectúan entre dos opciones, es posible suponer entonces que las respuestas para "muestrear" eventualmente cada una de ellas tengan efectos en el porcentaje de preferencia inicial, final, y/o global. Este efecto puede manifestarse con promedios de preferencia cercanos al punto de indiferencia o como porcentajes de preferencia con valores altos en alguna medida de dispersión (por ejemplo desviación estándar o error típico de la media). Por lo tanto, la alternación espontánea se presenta como una variable a considerar en futuras investigaciones en sensibilidad al riesgo.

A pesar de que las diferencias en alternación espontánea entre las ratas LR y HR fueron las únicas demostrables con los datos obtenidos, ello no descarta la posibilidad de que otros procesos alterados hayan estado implicados en las diferencias en la preferencia de las ratas LR y HR, de modo que el efecto encontrado pudo ser consecuencia tanto de los niveles de alternación espontánea como de algún otro proceso en el que las ratas LR y HR difieren (por ejemplo la impulsividad, tal como se ha sugerido en la discusión del experimento 2). Visto de este modo, al considerar los resultados, la sensibilidad al riesgo puede ser abordada como una consecuencia de procesos conductuales alterados (algunos de los cuales se pueden producir al administrar ciertos fármacos o procedimientos, mientras que otros son consecuencia de diferencias genéticas) que modifican la preferencia por la variabilidad en direcciones que no siempre corresponden con los supuestos de maximización y/o racionalidad usados por la teoría del forrajeo (Stephens & Krebs, 1986). Esta aproximación ya ha sido empleada en procedimientos de elección con riesgo en humanos.

En consecuencia, enmarcando los resultados desde una perspectiva más amplia en el estudio de las elecciones arriesgadas independientemente de la teoría del forrajeo y el modelo del presupuesto de energía, los

resultados de este trabajo se suman a la evidencia encontrada en decisiones humanas, misma que soporta la idea de que las decisiones (incluyendo las decisiones arriesgadas) pueden ser explicadas por procesos conductuales alterados y variables genéticas (Roussos et al. 2009) que eventualmente no obedecen a los supuestos de racionalidad y maximización inicialmente asumidos (Yang & Lester, 2008).

Posibles investigaciones futuras

Del experimento 1 se desprende la posibilidad de evaluar la preferencia hacia diferentes tipos de opciones pero con un diseño diferente que permita eliminar los problemas encontrados al presentar aleatoriamente 4 tipos de opciones, esto es, exponer a las diferentes grupos de ratas LR y HR a solamente un contexto de elección de los 6 utilizados (nótese que esa fue en términos generales la lógica del experimento 2). De esta forma podría establecerse con mayor precisión si las ratas LR y HR difieren en su preferencia hacia diferentes tipos de opciones. Por otro lado, dado que no queda claro si las preferencias durante el experimento 1 fueron o no transitivas, otra vía de exploración sería el estudio de la transitividad de la preferencia entre las ratas LR y HR.

Del experimento 2 se desprenden por lo menos dos posibilidades. Primero, al considerar el efecto encontrado en la rapidez y el grado de preferencia hacia la opción variable, esto es, que las ratas LR prefieren más y con mayor rapidez la opción variable, podría resultar relevante evaluar si con un exposición prolongada al procedimiento de elección (más de 48 sesiones) las ratas HR alcanzarían el mismo grado de preferencia que las ratas LR[52]. Segundo, dado que el efecto encontrado puede también ser explicado por la intervención de otros procesos alterados como impulsividad y ansiedad (mismos que también correlacionan con la clasificación LR/HR), podría resultar relevante aplicar el mismo procedimiento de sensibilidad al riesgo y posteriormente aplicar procedimientos que evalúen impulsividad (por ejemplo un procedimiento de demora ajustada) y ansiedad (por ejemplo, el procedimiento de luz-oscuridad o el del laberinto elevado) para establecer correlaciones entre ellos[53].

[52] Esto podría conducir al hallazgo de algún mecanismo que afecta la rapidez con la se desarrolla la preferencia en un procedimiento de sensibilidad al riesgo, sugiriendo la posibilidad de que exista algún componente de aprendizaje (en términos del conocimiento sobre el valor de cada alternativa) cuya alteración tiene efectos en los procedimientos de sensibilidad al riesgo.

[53] Otra forma de explorar el efecto de los procesos alterados en la sensibilidad al riesgo sería empleando otras clasificaciones relevantes como la clasificación entre *goal-trackers* y *cue-trackers* o la clasificación entre ratas impulsivas y no impulsivas.

El hecho de que el grado de privación no haya tenido efectos en los patrones de preferencia de ambos grupos, no descarta la posibilidad de que los grupos difieran en el modo en que responden a la privación alimenticia. Así, una posible vía de exploración sería comparar la ejecución de las ratas LR y HR en otros procedimientos que evalúan procesos conductuales más "básicos" como la sensibilidad al reforzador o estimación temporal. Para ello podrían utilizarse programas de intervalo variable y de reforzamiento diferencial de tasas bajas (para evaluar estimación temporal) y programas de razón progresiva o corredores rectos (para evaluar la sensibilidad al reforzador).

Respecto al experimento 3, es notable que las diferencias en los porcentajes de alternación no son tan claras como las encontradas al analizar los datos del experimento 2. Esto sugiere que las diferencias en alternación podrían encontrarse usando otro paradigma de alternación como un laberinto en T o un laberinto en Y, paradigmas en los que más habitualmente se evalúa la alternación. Otra opción, sería usar un programa concurrente con diferentes características al utilizado, por ejemplo, un programa concurrente con reforzamiento probabilístico en ambos componentes.

En los tres experimentos solamente se utilizaron ratas tomadas del primer y último cuartil de la distribución. Por lo tanto, se desconoce qué es lo que sucede con las ratas de la parte central de la distribución. Esto sugiere que podría investigarse, usando un mayor número de sujetos, qué es lo que sucede con los sujetos de la parte central de la distribución en los tres procedimientos utilizados. Esto permitiría averiguar si existe un valor o un rango específico mediante el cual las ratas puedan ser clasificadas entre LR y HR, adicionalmente permitiría averiguar si existen diferencias de grado entre los sujetos de un mismo grupo, esto es, si existen diferencias conductuales significativas entre los sujetos de un mismo grupo.

Finalmente cabe señalar que el tema de maximización sigue siendo problemático dentro de la teoría del forrajeo y los procedimientos de sensibilidad al riesgo no permiten evaluarla. En consecuencia, otra vía de exploración sería la evaluación de la tasa de maximización entre las ratas LR y HR dentro de un procedimiento de elección con riesgo, en lugar de un procedimiento de sensibilidad al riesgo. Con esta finalidad podrían utilizarse

alguna de las versiones del IOWA para ratas, donde las elecciones arriesgadas y no arriesgadas si causan diferencias en la tasa de maximización[54].

Limitaciones

Una de las principales limitaciones de este trabajo es el número reducido de sujetos utilizados en los tres experimentos. Otros estudios podrían enfocarse a replicar los resultados obtenidos empleando un mayor número de sujetos.

Al tomar las puntuaciones extremas en el tiempo de exploración, fue posible establecer la clasificación LR/HR y evaluar las diferencias en sus preferencias. Así, estudios posteriores podrían analizar las preferencias de las ratas LR y HR en relación a las ratas de la parte central de la distribución como grupo control o usar ratas no clasificadas como grupo control.

La forma en que se manipuló el grado de privación también representa una limitación en el presente trabajo, ya que durante el experimento 1 sólo se usó un grado de privación (85%), mientras que en el experimento 2 se usaron dos (75% y 90%) sin contrabalanceo. Por lo tanto para descartar el posible efecto del orden de exposición se necesitaría replicar los experimentos 1 y 2 usando dos niveles de privación y contrabalanceándolos, aunque esto evidentemente implicaría una exposición más prolongada a los procedimientos utilizados, lo cual podría ser considerado otra variable a controlar.

Respecto al experimento 3, debido a la poca cantidad de puntuaciones obtenidas, es posible que se requiera una réplica que permita generar más puntuaciones en el porcentaje de alternación para poder así encontrar diferencias más claras entre las ratas LR y HR.

[54] El IOWA para ratas comienza a ser ampliamente utilizado para evaluar variables genéticas y procesos conductuales alterados en las elecciones en ratas. Para una revisión véase de Vissier et al. (2011b).

REFERENCIAS

Anker, J. J., Perry, J. L., Gliddon, L. A. & Carrol, M. E. (2009). Impulsivity predicts the escalation of cocaine self-administration in rats. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior, 93*, 343-348.

Antoniou, K., Papathanasiou, G., Papalexi, E,. Hyphantis, T., Nomikos, G. G,. Spyraki, C. & Papadopoulou-Daifoti, Z. (2008). Individual responses to novelty are associated with differences in behavioral and neurochemical profiles. *Behavioral Brain Research, 187*, 462-472.

Aw, J. M., Holbrook, R. I., de Perera, T. B. & Kacelnik, A. (2009). State-dependent valuation learning in fish: Banded tetras prefer stimuli associated with greater past deprivation. *Behavioural Processes, 81*, 333-336.

Aw, J., Monteiro, T., Vasconcelos, M. & Kacelnik, A. (2012). Cognitive mechanisms of risky choice: Is there an evaluation cost? *Behavioral Processes, 89*, 95-103.

Aw, J. M., Vasconcelos, M. & Kacelnik, A. (2011). How costs affect preferences: experiments on state dependence, hedonic state and within-trial contrast in starlings. *Animal Behaviour, 81*, 1117-1128.

Barnes, G. W. & Baron, A. (1961). Stimulus complexity and sensory reinforcement. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 54 (4),* 466-469.

Bateson, M. (2002). Context-dependent foraging choices in risk sensitive starlings. *Animal Behaviour, 64*, 251-260.

Baum, W. (1974). On two types of deviation from the matching law: bias and undermatching. *Journal of Experimental Analysis of Behavior, 22*, 231-242.

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.

Beckman, J. S., Marusich, J. A. Gipson, C. D. & Bardo, M. T. (2011). Novelty seeking, incentive salience and acquisition of cocaine self-administration. *Behavioral and Brain Research, 216,* 159-165.

Berlyne, D. E. (1955). The arousal and satiation of perceptual curiosity in the rat. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 48 (6),* 238-246.

Berlyne, D. E. (1960). *Conflict, arousal, and curiosity* (Cap. 2). New York: McGraw-Hill series in psychology.

Bevins, R. A. (2001). Novelty seeking and reward: Implications for the study of high-risk Behaviors. *Current Directions in Psychological Science*, 10 (6), 189-193.

Bickel, W. K., Giordano, L. A. & Badger, G. J. (2004). Risk sensitive foraging theory elucidates risky choices made by heroin addicts. *Addiction, 99*, 855-861.

Bradshaw, C. M. & Szabadi, E. (1992). Choice between delayed reinforcers in discrete-trials schedule: The effect of deprivation level. *The Quartely of Experimental Psychology, 44B (1),* 1-16.

Blanchard, M. M., Mendelsohn, D. & Stamp, J. A. (2009). The HR/LR model: Further evidence as an animal model of sensation seeking. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 33*, 1145-1154.

Cain, M. E., Smith, C. M. & Bardo, M. T. (2004). The effect of novelty on amphetamine self-administration in rats classified as high and low responders*. Psychopharmacology, 176*, 129-138.

Caraco, T. Martindale, S. & Whittam, T. S. (1980). An empirical demostration of risk-sensitive foraging preferences. *Animal Behaviour*, *28*, 820-830.

Cox, T. (1970). The effects of caffeine, alcohol, and previous exposure to the test situation on spontaneous alternation. *Psychopharmacologia, 17*, 83-88.

Daw, N. D.O'Doherty, J. P. Dayan, P. Seymour, B. & Dolan, R. J. (2006). Cortical substrates for exploratory decisions in humans. *Nature, 441*, 876-879.

de Visser, L, Baars, A. M. Lavrijsen, M. van der Weerd, C. M. M. & van den Vos, R. (2011a). Decision-making performance is related to levels of anxiety and differential recruitment of frontostriatal areas in male rats. *Neuroscience, 184*, 97-106.

de Vissier, L. Homberg, J. R. Mitsogiannis, M. Zeeb, F. D. Rivalan, M. Fitoussi, A. Galhardo, V. van den Bos, R… & Dellu-Hagedorn, F. (2011b). Rodent versions of the Iowa gambling task: opportunities and challenges for the understanding of decision-making. *Frontiers in Neuroscience, 5*, 1-21.

de Visser, L. van der Knaap, L. J. van den Loo, A. J. A. E., van der Weerd, C. M. M., Ohl, F. & van den Bos, R. (2010). Trait anxiety affects decision-making differently in healthy men and women: towards gender-specific endophenotypes of anxiety. *Neuropsychologia, 48*, 1598-1606.

Desrichard, O. & Denarié, V. (2005). Sensation seeking and negative affectivity as predictors of risky-behaviors: A distinction between occasional versus frequent risk-taking. *Addictive Behaviors, 30*, 1449-1453.

Díaz, J. L. & Velázquez, D. N. (2000). La discriminación del efecto de las drogas y la conciencia animal. *Salud Mental, 23 (2),* 1-7.

Dick, D. M. (2011). Gene-Environment interaction in Psychological traits and disorders. *Annual Review of Clinical Psychology, 7*, 383-409.

Dougherty, D. M., Marsh-Richard, D. M., Hatzis, E. S., Nouvion, S. O. & Mathias, C. W. (2008). A test of alcohol dose effects on multiple behavioral measures of impulsivity. *Drug and Alcohol Dependence, 96*, 111-120.

Dreber, A. Apicella, C. L., Eisenberg, D. T. A., García J. R., Zamore, R. S., Lum, J. K. & Campbell, B. (2009). The 7R polymorphism in the dopamine receptor D4 gene (DRD4) is associated with financial risk taking in men. *Evolution and Human Behavior, 30*, 85-92.

Dreber, A., Rand, D. G., Wernerfelt, N., Garcia, J. R., Vilar, M. G., Lum, J. K. & Zeckhauser, R. (2011). Dopamine and risk choices in different domains: Findings among serious tournament bridge player. *Journal of Risk and Uncertainty, 43*, 19-38.

Droit-Volet, S. & Meck, W. H. (2007). How emotions colour our time perception of time. *TRENDS in Cognitive Science, 11 (12),* 504-513.

Duclot, F., Hollis, F., Darcy, M. J. & Kabbaj, M. (2011). Individual differences in novelty-seeking behavior in rats as a model for psychosocial stress-related mood disorders. *Physiology & Behavior, 104*, 296-305.

Fawcett, T. W. McNamara, J. M. & Houston, A. (2012). When is adaptive to be patient? A general framework for evaluating delayed rewards. *Behavioral Processe, 89*, 128-136.

Flagel, S. B. Robinson, T. E. Clark, J. J. Clinton, S. M. Watson, S. J. Seeman, P. Philips P. E. & Akil H. (2010). An animal model of genetic vulnerability to behavioural disinhibition and responsiveness to reward-related cues: implications for addiction. *Neuropsychopharmacolog, 35*, 388-400.

Fox, C. R. & Tversky, A. (1998). A belief-based account of decision under uncertainty. *Management Science, 44 (7),* 879-895.

Franken, I. H. A. van Strien, J. W. Nijis, I. & Muris, P. (2008). Impulsivity is associated with behavioral decision-making deficits. *Psychiatry Research, 158*, 155-163.

Gancarz, A. M., Robble M. A., Kausch, M. A., Lloyd, D. R. & Richards, J. B. (2012). Association between locomotor response to novelty and light reinforcement: sensory reinforcement as a rodent model of sensation seeking, *Behavioral Brain Research*.

García, J. R. Mackillop, J. Aller, E. L. Merriwether, A. M. Sloan, Wilson, D. S. & Lum, J. K. (2010). Association between dopamine D4 receptor gene variation with both infidelity and sexual promiscuity. *PLos ONE, 5 (11),* e14162.

George, S. Rogers, R. D. & Duka, T. (2005). The acute effect of alcohol on decision making in social drinkers. *Psychopharmacology, 182*, 160-169.

Godfrey-Smith, P. (2006). The strategy of model-based science. *Biology and Philosophy, 21*, 725-740.

Graham, L. K. Yoon, T. & Kim, J. J. (2010). Stress impairs optimal behavior in a water foraging choice in rats. *Learning & Memory, 10*, 1-14.

Grucza, R. A. Cloninger, C. R. Bucholz, K. K. Constantino, J. N. Schuckit, M. A. Dick, D. M. & Bierut. L. J. (2006). Novelty seeking as a moderator of familiar risk for alcohol dependence. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 30 (7),* 1176-1183.

Hariri, A. R. (2009). The neurobiology of individual differences in complex behavioral traits. *The Annual Review of Neuroscience, 32*, 225-247.

Herrnstein, R. J. (1964). Aperiodicity as a factor in choice. *Journal of Experimental Analysis of Behavior, 7 (2),* 179-182.

Ho, M. Y. Wogar, M. A. Bradshaw, C. M. & Szabadi, E. (1997). Choice between delayed reinforcers: Interaction between delay and deprivation level. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 50B (3),* 193-202.

Hollerman, J. R. & Schultz, W. (1998). Dopamine neurons report an error in the temporal prediction of reward during learning. *Nature, 1 (4),* 304-309.

Homberg, J. R. (2012). Serotonin and decision making processes. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36, 218-236.

Hughes, R. N. (2007). Neotic preferences in laboratory rodents: Issues, assessment and substrates. *Neuroscience and Biobehavioral reviews, 31*, 441-464.

Hurly, T. A. & Oseen, M. D. (1999). Context-dependent, risk-sensitive foraging preferences in wild rufous hummingbirds. *Animal Behavior, 58*, 59-66.

Inglis, I. R. Langton, S. Forkman, B. & Lazarus, J. (2001). An information primacy model of exploratory and foraging behavior. *Animal Behavior, 62*, 543-557.

Island, H. K. D. Szalda-Petree, A. D. & Kucera, S. C. (2007). Sex differences in risk sensitivity under positive and negative budgets and predictors of choice. *The Journal of General Psychology, 134 (4)*, 435-452.

Ito, M. Takatsuru, S. & Saeki, D. (2000). Choice between constant and variable alternatives by rats: Effets of different reinforcer amounts and energy budgets. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, *70*, 79-92.

Kabbaj, M. Devine, D. P. Savage, V. R. & Akil, H. (2000). Neurobiological correlates of individual differences in novelty-seeking behaviour in the rat: Differential expression of stress related molecules. *The Journal of Neuroscience*, 20 (18), 6983-6988.

Kacelnik, A. (2006). Meanings of rationality. En M. Nudds & S. Hurley (Eds.), *Rational Animals?* (pp. 87-106). Oxford: Oxford University Press.

Kacelnik, A. & Bateson, M. (1996). Risky theories- The effects of variance in foraging decisions. *American Zoologist, 36*, 402-434.

Kagel, J. H. Battalio, R. C. White, S. MacDonald, D. & Green, L. (1986). Risk aversion in rats (Rattus norvegicus) under varying levels of resource availability. *Journal of Comparative Psychology, 100 (2),* 95-100.

Kahneman, D. & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica, 47 (2)*, 263-291.

Kalenscher, T. & Pennartz, C. M. A. (2008). Is a bird in the hand worth two in the future? The neuroeconomics of intertemporal decision-making. *Progress in Neurobiology, 84*, 28

Kaminski, B. J. & Ator, N. A. (2001). Behavioral and pharmacological variables affecting risky choice in rats. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 75*, 275-297.

Karmel, B. Z. (1966). Randomness, complexity, and visual preference behavior, in the hooded rat and domestic chick. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *61 (3)*, 487-489.

Kerman, A. I. Clinton, S. M. Bedrosian, T. A. Abraham, A. D. Rosenthal, D. T. Akil, H. & Watson, S. J. (2011). High novelty-seeking predicts aggression and gene expression differences within defined serotoninergic cell groups. *Brain Research, 1419*, 34-45.

Killen, S. S. Marras, S. & Mckenzie, D. J. (2011). Fuel, fasting, fear: routine metabolic rate and food deprivation exert synergistic effects on risk-taking in individual juvenile European sea bass. *Journal of Animal Ecology, 80*, 1024-1033.

Kuhnen, C. M. & Chiao, J. Y. (2009). Genetic determinants of financial risk taking. *PLos ONE, 4 (2)*, e4362.

Lades, L. K. (2012). Towards an incentive salience model of intertemporal choice. *Journal of Economic Psychology*, *33*, 833-841.

Lane, S. D. & Cherek, D. R. (2002). Marijuana effects on sensitivity to reinforcement in humans. *Neuropsychopharmacology, 26 (4),* 520-529.

Lane, S. D. Cherek, D. R. & Nouvion, S. O. (2008). Modulation of human risky decision making by flunitrazepam. *Psychopharmacology*, *196*, 177-188.

Lane, S. D. Cherek, D. R. Pietras, C. J. & Tcheremissine, O. V. (2004). Alcohol effects on human risk taking. *Psychopharmacology*, *172*, 68-77.

Lane, S. D. Yechiam, E. & Busemeyer, J. R. (2006). Application of a computational decision model to examine acute drug effects on human risk taking. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, *2*, 254-264.

Langraf, R. & Wigger, A. (2002). High vs Low anxiety-related behavior rats: an animal model of extremes in trait anxiety. *Behavior Genetics, 32 (5),* 301-314.

Lewis, P. & Dougherty, D. M. (1992). Pigeon performance on a variable-interval omission schedule at different levels of food deprivation. *Behavioural Processes, 27*, 27-36.

Locey, M. L. Hackenberg, T. D. & Pietras, C. J. (2009). Human risky choice: delay sensitivity depends on reinforcement type*. Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 35 (1)*, 15-22.

Loewenstein, G. (1996). Out of control: Visceral influences on behaviour. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 65 (3),* 272-292.

Lovic, V. L. Saunders, B. T. Yager, L. M. & Robinson, T. E. (2011). Rats prone to attribute incentive salience to reward cues are also prone to impulsive action. *Behavioural Brain Research, 223*, 255-261.

Maner, J. K. Rickey, A. Cromer, K. Mallott, M. Lejuez, C. W. Joiner, T. E. & Schmidt, N. B. (2007). Dispositional anxiety and risk-avoidant decision-making. *Personality and Individual Differences, 42*, 665-675.

Mazur, J. E. (1984). Tests of an equivalence rule for fixed and variable reinforcer delays. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 10 (4),* 426-436.

Mazur, J. E. (2004). Risky choice: Selecting between certain and uncertain outcomes. *The Behavior Analyst Today, 5 (2),* 190-230.

McKenna, B. S. Dickinson, D. L. Orff, H. J. & Drummond, S. A. (2007). The effects of one night of sleep deprivation on known-risk and ambiguous-risk decisions. *Journal of Sleep Research, 16*, 245-252.

Michel, J. (1982). Distinguishing between discriminative and motivational functions of stimuli. *Journal of Experimental Analysis of Behavior*, 37 (1), 149-155.

Miu, A. C. Heilman, R. N. & Houser, D. (2008). Anxiety impairs decision-making: Psychophysiological evidence from an Iowa gambling task. *Biological Psychology, 77 (3)*, 353-358.

Molander, A. C. Mar, A. Norbury, A. Steventon, S. Moreno, M. Caprioli,…& Dalley, J. W. (2011). High impulsivity predicting vulnerability to cocaine addiction in rats: some relationship with novelty preference but not novelty reactivity, anxiety or stress. *Psychopharmacolog, 215*, 721-731.

Montgomery, K. C. (1954). The role of exploratory drive in learning. *Journal of Comparative and Physiological and Psychology, 47 (1),* 60-67.

Moustgaard, A. Hau, J & Lind, N. M. (2008). Effects of dopamine D4 receptor antagonist on spontaneous alternation in rats. *Behavioral and Brain Functions, 4 (49)*, 1-6.

Mueller, E. M. Nguyen, J. Ray, W. J. & Borkovek, T. D. (2010). Future-oriented decision-making in generalized anxiety disorder is evident across different versions of the Iowa gambling task. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry, 41*, 165-171.

Myrseth, H. Pallesen, S. Molde, H. Johnsen, B. H. & Lorvik, I. M. (2009). Personality factors as predictors of pathological gambling. *Personality and Individual Differences, 47*, 933-937.

Orozco, G. López, M & Velázquez, D. N. (1998). Control de estímulos con fármacos: aplicaciones en psicofarmacología. *Salud Mental, 21 (5),* 1-6.

Overton, D. A. (1964). State-dependent or "dissociated" learning produced with pentobarbital. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 57 (1),* 3-12.

Paul, E. D. Hale, M. W. Lukkes, J. L. Valentine, M. J. Sarchet, D. M. & Lowry, C. A. (2011). Repeated social defeat increases reactive emotional coping behavior and alters functional responses in serotoninergic neurons in the rat dorsal raphe nucleus. *Physiology and Behavior*, 104, 272-282.

Pavlic, T. & Passino, K. M. (2010). When rate maximization is impulsive. *Behavioral Ecology and Sociobiology, 64*, 1255-1265.

Pawlak, C. R. Ho, Y.-J. & Schwarting, R. K. W. (2008). Animal models of human Psychopathology based on individual differences in novelty-seeking and anxiety. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 32 (8)*, 1544-1568.

Penolazzi, B. Gremigni, P. & Russo, P. M. (2012). Impulsivity and reward sensitivity differentially influence affective and deliberative risky decision making. *Personality and Individual Differences, 53*, 655-659.

Perez, S. M. & Waddington, K. D. (1996). Carpenter bee (Xylocopa micans) risk indifference and review of nectaviore risk-sensitivity studies. *American Zoologist*, *36*, 435-446.

Pervin, L. A. (1994). A critical analysis of current trait theory. *Psychological Inquiry, 5 (2),* 103-113.

Pietras, C. J. & Hackenberg, T. D (2001). Risk-sensitive choice in humans as function of an earnings budget. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, *76*, 1-19.

Porcelli, A. J. & Delgado, M. R. (2009). Acute stress modulates risk taking in financial decision making. *Psychological Science, 20 (3)*. 278-283.

Pyke, G. H. (1984). Optimal foraging theory: a critical review. *Annual Review of Ecology and Systematics, 15*, 523-575.

RamsØy, T. Z. & Skov, M. (2010). How genes make up your mind: Individual biological differences and valued based decisions. *Journal of Economic Psychology, 31*, 818-838.

Real, L. & Caraco, T. (1986). Risk and foraging in stochastic environments. *Annual Review of Ecology and Systematics, 17*, 371-390.

Reynolds, G. S. (1964). Temporally spaced responding by pigeons: development: development and effects of deprivation and extinction. *Journal of Experimental Analysis of Behavior, 7 (6),* 415-421.

Rivalan, M. Ahmed, S. H. & Dellu-Hagedon, F. (2009). Risk-prone individuals prefer the wrong options on a rat version of the IOWA gambling task. *BIOL PSYCHIATRY, 66*, 743-749.

Roe, B. E. Tilley, M. R. Gu, H. H. Beversdorf, D. Q. Sadee, W. Haab, T. C. & Papp, A. C. (2009). Financial and Psychological risk attitudes associated with two single nucleotide polymorphism in the nicotine receptor (*CHRNA4*) gene. *PLos ONE, 4 (8),* e6704.

Roehrs, T. Greenwald, M. & Roth, T. (2004). Risk taking behavior: Effects of ethanol, caffeine, and basal Sleepiness. *Sleep*, *27*, 887-893.

Roussos, P. Giakoumaki, G. & Bitsios P. (2009). Cognitive and emotional processing in high novelty seeking associated with the L-DRD4 genotype. *Neuropsychologia, 47*, 1654-1659.

Schuck-Paim, C. & Kacelnik, A. (2007). Choice processes in multialternative decision making. *Behavioral Ecology*, doi:10.1093/beheco/arm005.

Schuk-Paim, C. Pompillo, L. & Kacelnik A. (2004). State-dependent decisions cause apparent violations of rationality in animal choice. *PLoS Biology*, *2 (12)*, 2305-2315.

Shapiro, M. S. Siller, S. & Kacelnik, A. (2008). Simultaneous and sequential choice as function of reward delay and magnitude: Normative, descriptive and Process-based models tested in the European Starling (*Sturnus Vulgaris*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes, 34 (1)*, 75-93.

Stang, D. J. (1977) Relationship between novelty and complexity. *The Journal of Psychology*, *95*, 317-323.

Stansfield, K. H. & Kirstein, C. L. (2005). Effects of novelty on behaviour in the adolescent and adult rat. *Developmental Psychobiology, 48 (1)*, 10-15.

Starcke, K. & Brand, M. (2012). Decision making under stress: A selective review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 36 (4),* 1228-1248.

Stead, J. D. H. Clinton, S. Neal, C. Schneider, J. Jama, A. Miller, S. Vazquez, D. M. Watson, S. J. & Akil, H. (2006). Selective breeding for divergence in novelty-seeking traits: heritability and enrichment in spontaneous anxiety-related behaviors. *Behavior Genetics*, *36 (5),* 697-712.

Stephens, D. W. (1981). The logic of risk-sensitive foraging preferences. *Animal Behaviour*, *29*, 628-629.

Stephens, D. W. (2002). Discounting and impulsivity: A role for an informational constraint. *Philosophical Transactions: Biological Science, 357 (1427),* 1527-1537.

Stephens, D.W. (2008). Decision ecology: Foraging and the ecology of animal decision making. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience, 8(4)*, 475-484.

Stephens D. W. & Anderson, D. (2001). The adaptive value of preference for immediacy: when shorting rules have farsighted consequences. *Behavioral Ecology, 12 (3),* 330-339.

Stephens, W. D. & Dunlap, A. S. (2009). Why do animals make better choices in patch-leaving problems? *Behavioral Processes. 80*, 252-260.

Stephens D. W. Kerr, B. & Fernandez-Juricic, E. (2004). Impulsiveness without discounting: the ecological rationality hypothesis. *Proceedings the royal of society, 271*, 2459-2465.

Stephens, D. W. & Krebs, J. R. (1986). *Foraging theory*. New Jersey. Princeton University Press.

Stephens, D. W & Paton, S. R. (1986). How constant is the constant of risk-aversion? *Animal Behaviour*, *34*, 1659-1667.

Stevens, J. R. & Stephens, D. W. (2010). The adaptive nature of impulsivity. En: Madden, G. J. & Bickel, W. K. (Eds.) *Impulsivity: The Behavioral and Neurological Science of discounting,* pp. 361-387. Washington D C: American Psychological Association. (así es como aparece citado en otros artículos).

Tanno, T. Kurashima, R. & Watanabe, S. (2011). Motivational control of impulsive behavior interacts with choice opportunities. *Learning and Motivation, 42*, 145-153.

Thompson, C. I. & Grossman, L. B (1972). Loss and recovery of long-term memories after ECS in rats: Evidence for state dependence recall. *Journal of Comparative and Physiological Psychology, 78 (2),* 248-254.

Upton, D. J. Bishara, A. J. Ahn. W. & Stout, J. C. (2011). Propensity for risk taking and trait impulsivity in the Iowa gambling task. *Personality and Individual Differences, 50*, 492-495.

van den Bos, R. Harteveld, M. & Stoop, H. (2009). Stress and decision-making in humans: Performance is related to cortisol reactivity, albeit differentially in men and women. *Psychoneuroendocrinology, 34*, 1449-1458.

van den Bos, R. Homberg, J. & de Visser L. (2013). A critical review of sex differences in decision-making tasks: Focus on the Iowa Gambling task. *Behavioural Brain Research, 238*, 95-108.

van den Bos, Jolles, J. van der Knaap, L. Baars, A. & de Visser, L. (2012). Male and female wistar rats differ in decisión-making performance in a rodent model version of the Iowa gambling task. *Behavioural Brain Research, 234*, 375-379.

Vasconcelos, M. Monteiro, T. & Kacelnik, A. (2010). Choice in multi-alternative environments: A trial by trial implementation of the sequential choice model. *Behavioural Processes, 84*, 435-439.

Vidal-Infer, A. Arenas, M. C. Daza-Losada, M. Aguilar, M. A. Miñarro, J. & Rodríguez-Arias, M. (2012). High novelty-seeking predicts greater sensitivity to the conditioned reward effects of cocaine. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior, 102*, 124-132.

Walker, M. P. Brakefield, T. Morgan, A. Hobson, J. A. & Stickgold, R. (2002). Practice with sleep makes perfect: Sleep-dependent motor skill learning. *Neuron, 35,* 205-211.

White, T. L. de Wit, H. & Lejuez, C. W. (2007). Personality and gender differences in effects of d-anfetamine on risk taking. *Experimental and Clinical Psychopharmacology, 15 (6),* 599-609.

Williams, C. D. & Kuchta, J. C. (1957). Exploratory Behavior in two mazes with dissimilar alternatives. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, *50(5)*, pp. 509-513.

Witt, U. (2009). Propositions about novelty. *Journal of Economic Behavior & Organization, 70*, 311-320.

Wittman, B. C. Daw, N. D. Seymour, B. & Dolan, R. J. (2008). Striatal activity underlies novelty-based choice in humans. *Neuron, 58*, 967-973.

Wittmann, M. (2009). The inner experience of time. *Philosophical Transactions: Biological Sciences, 364 (1525,* 1955-1967.

Wittmann, M. & Paulus, M. P. (2007). Decision making, impulsivity and time perception. *TRENDS in Cognitive Science, 12 (1),* 7-12.

Yacubian, J. & Büchel, C. (2009). The genetic basis of individual differences in reward processing and the link to addictive behavior and social cognition. *Neuroscience, 154*, 55-71.

Yang, B. & Lester, D. (2008). Reflections on rational choice – the existence of systematic irrationality. *The Journal of Socioeconomics*, 37, 1218-1233.

Yates, J. R. Marusich, J. A. Gipson, C. D. Beckmann, J. S. & Bardo M. T. (2012). High impulsivity in rats predicts amphetamine conditioned place preference. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior, 100*, 370-376.

Yue, K. S. L. & Lee, T. M. C. (2003). Could mood state affect risk-taking decisions? *Journal of Affective Disorders, 75*, 11-18.

Zabel, K. L. Christopher, A. N. Marek, P. Wieth, M. B. & Carlson, J. J. (2009). Mediational effects of sensation seeking in the age and financial risk-taking relationship. *Personality and Individual Differences, 47*, 917-921.

Zabludoff, S. D. Wecker J. & Caraco T. (1988) Foraging choice in laboratory rats: constant versus variable delay. *Behavioral Processes, 16*, 95-110.

Zaichenko, M. I. & Merzhanova, G. K. (2011). Studies of impulsivity in rats in conditions of choice between food reinforcements of different value. *Neuroscience and Behavioral Physiology, 41 (5),* 445-451.

Zhu, J. Bardo, M. T. Bruntz, R. C. Stairs, D. J. & Dwoskin, L. P. (2007). Individual differences in response to novelty predict prefrontal cortex dopamine transporter function and cell surface expression. *European Journal of Neuroscience*, *26*, 717-728.

Zuckerman, M. & Kuhlman, D. M. (2000). Personality and risk-taking: common biosocial factors. *Journal of Personality, 68 (6)*, 999-1029.

ANEXOS

Apéndice 1: Preferencias de las ratas LR y HR en los 6 contextos de elección en las 90 sesiones del experimento. Las gráficas muestran promedios de 5 sesiones con sus correspondientes errores típicos.

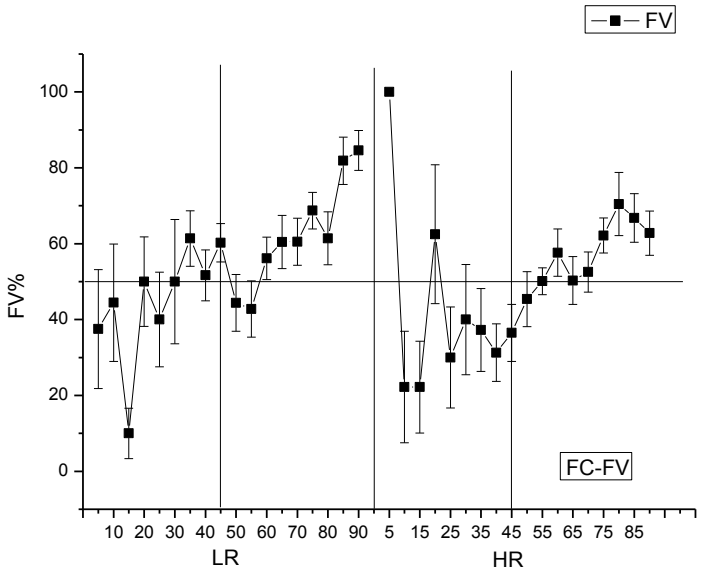

Figura 1.- Preferencia hacia FV durante el contexto FC-FV considerando porcentaje promedio y error típico durante todas las sesiones.

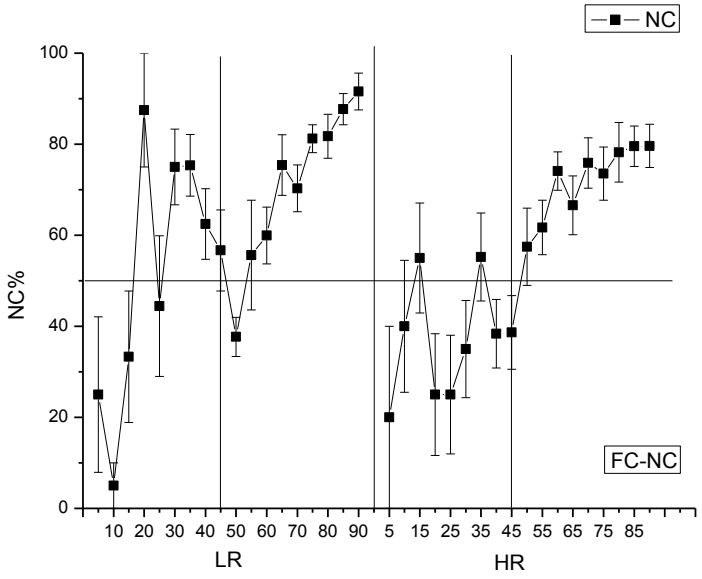

Figura 2.- Preferencia hacia NC durante el contexto FC-NC considerando porcentaje promedio y error típico durante todas las sesiones.

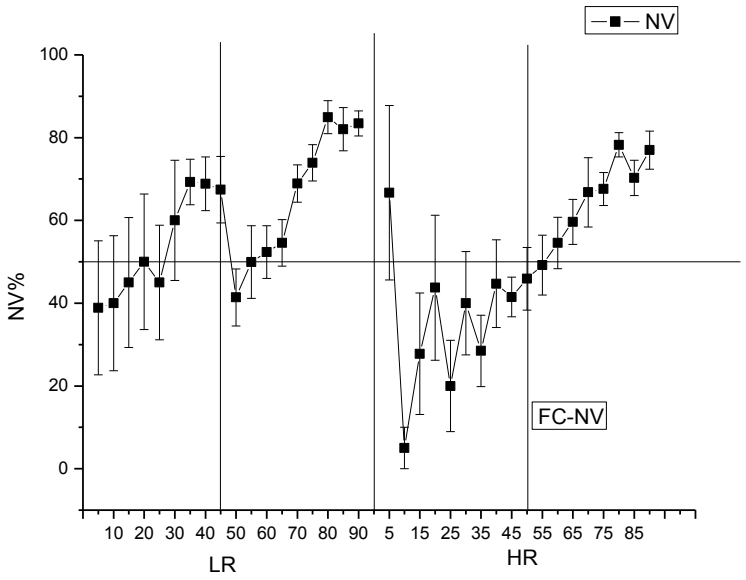

Figura 3.- Preferencia hacia NV durante el contexto FC-NV considerando porcentaje promedio y error típico durante todas las sesiones.

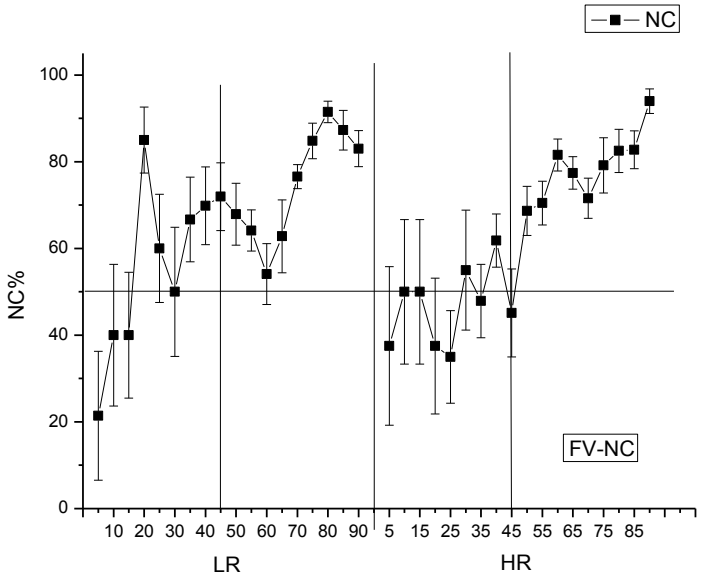

Figura 4.- Preferencia hacia NC durante el contexto FV-NC considerando porcentaje promedio y error típico durante todas las sesiones.

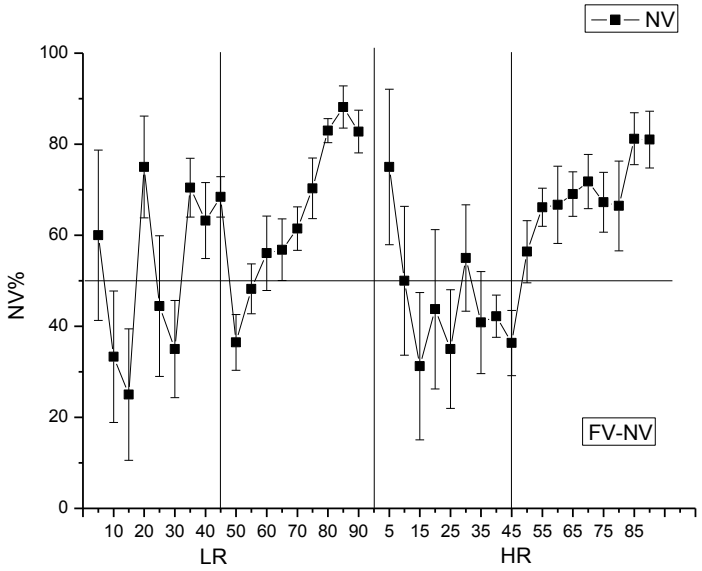

Figura 5.- Preferencia hacia NV durante el contexto FV-NV considerando porcentaje promedio y error típico durante todas las sesiones.

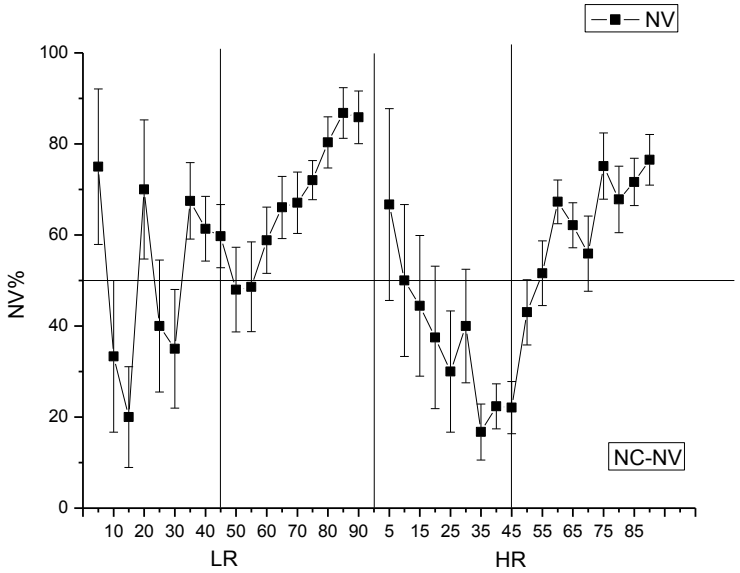

Figura 6.- Preferencia hacia NV durante el contexto NC-NV considerando porcentaje promedio y error típico durante todas las sesiones.

Apéndice 2: Preferencias dependientes de contexto

Porcentajes promedio de preferencia tomando las últimas 10 sesiones de cada fase.

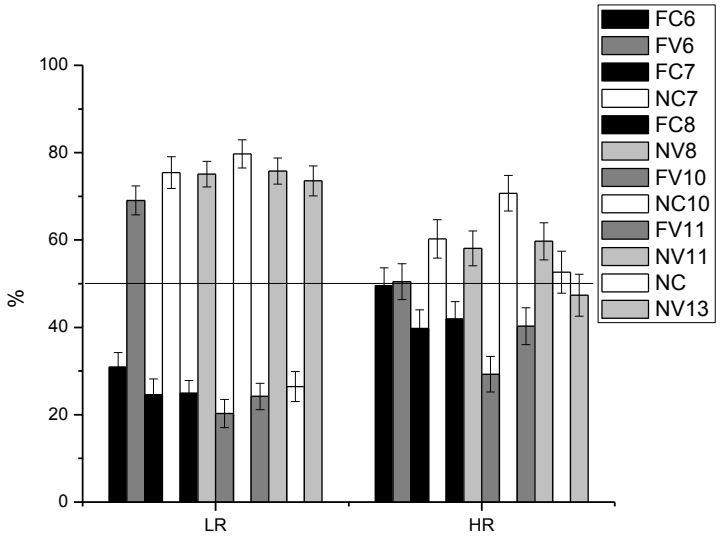

Figura 7.- Porcentaje promedio de preferencia y error típico en cada uno de los contextos de elección considerando últimas 10 sesiones de cada fase.

Apéndice 3: Preferencias a lo largo de las sesiones

Porcentajes promedio de preferencia independientes de contexto a lo largo de todas las sesiones, graficando promedios por cada 5 sesiones.

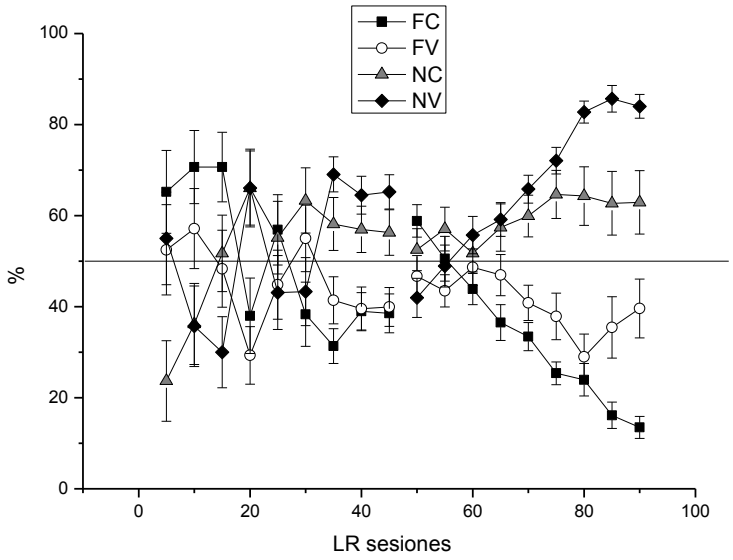

Figura 8.- Preferencias independientes del contexto en las ratas LR. Cada puntuación señala el porcentaje promedio por cada 5 sesiones y su correspondiente error típico.

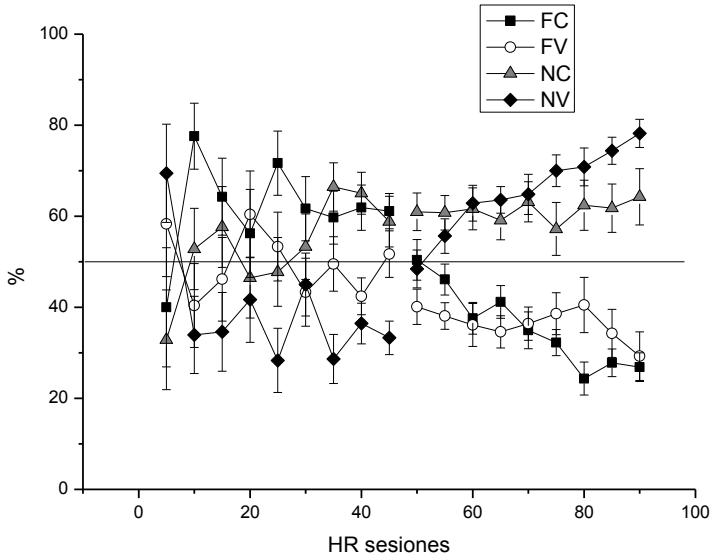

Figura 9.- Preferencias independientes del contexto en las ratas HR. Cada puntuación señala el porcentaje promedio por cada 5 sesiones y su correspondiente error típico.

Apéndice 4: Preferencias por características aisladas de las opciones

Considerando la posibilidad de que las ratas respondieran a las características aisladas de las opciones, esto es, constancia, variabilidad, familiaridad y novedad. Se realizó un análisis de las últimas 10 sesiones de cada fase considerando todas las opciones con resultado constante (FC y NC), las de resultado variable (NV y FV), las familiares (FC y FV) y las novedosas (NV y NC).

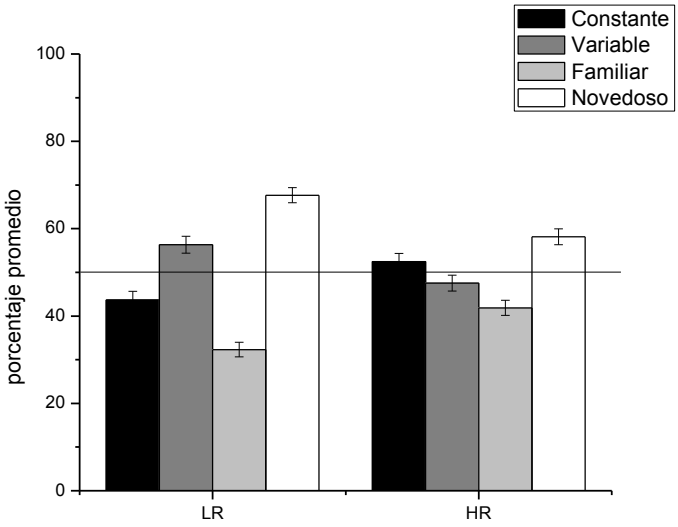

Figura 11.- Preferencias hacia los diferentes tipos de opciones considerando las últimas 10 sesiones de cada fase. Cada barra representa el porcentaje promedio y el error típico.

Apéndice 5: Latencias del experimento 1

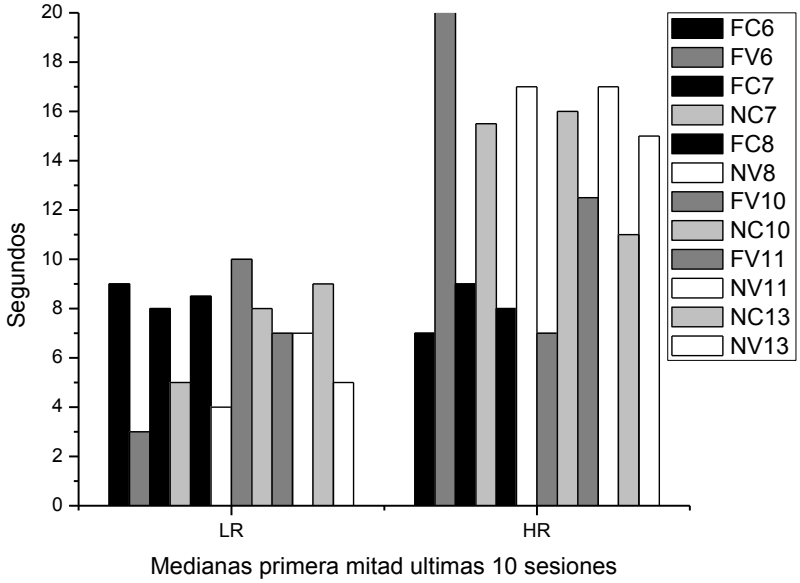

Figura 12.- Latencias de elección en cada uno de los seis contextos considerando las últimas 10 sesiones de la primera mitad.

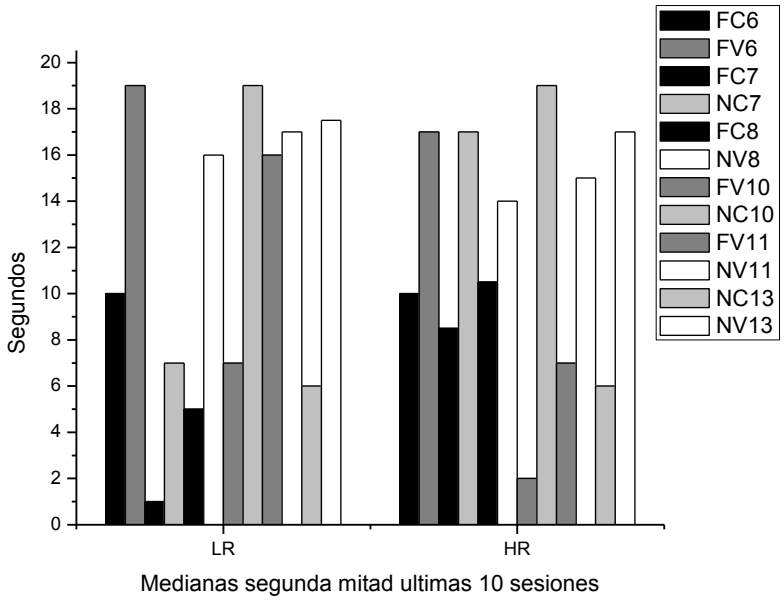

Figura 13.- Latencias de elección en cada uno de los seis contextos considerando las últimas 10 sesiones de la primera mitad.

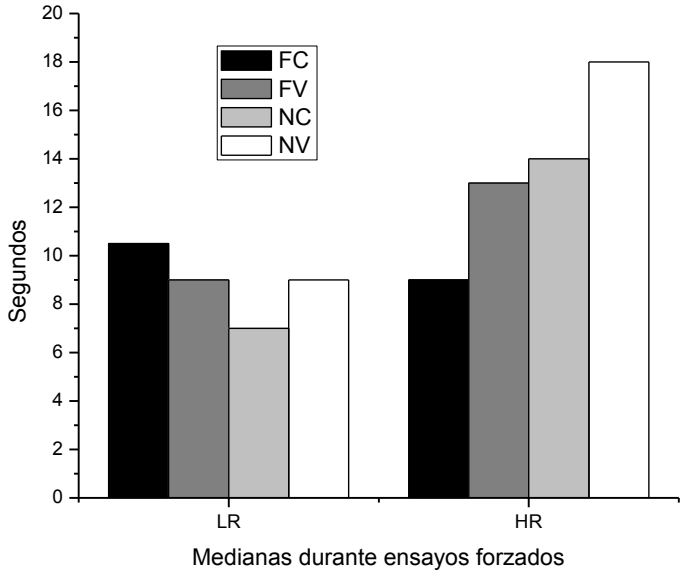

Figura 14.- Latencias de elección durante los ensayos forzados (sesiones 1 a 35).

Apéndice 6: Latencias iniciales y finales durante el experimento 2

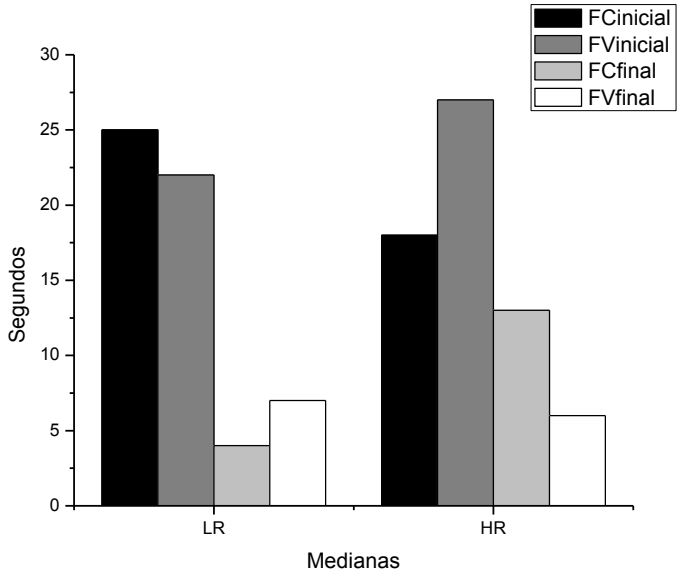

Figura 15.- Latencias iniciales (primeras 3 sesiones) y finales (últimas 3 sesiones) durante la fase 1 del experimento 2.

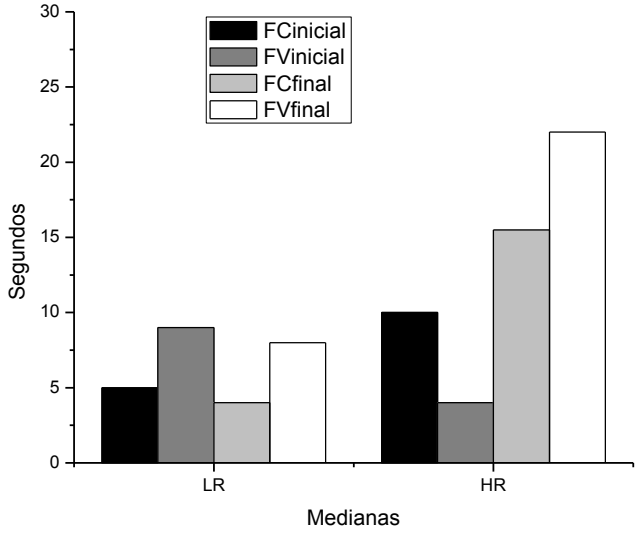

Figura 16.- Latencias iniciales (primeras 3 sesiones) y finales (últimas 3 sesiones) durante la fase 2 del experimento 2.