

Modelos neuroeconómicos explicativos de la relación entre aversión al riesgo, impulsividad y cardiocepción en estudiantes universitarios: revisión de alcance

Explanatory neuroeconomics models of the relation between risk-aversion, impulsivity and cardioception in university students: a scoping review

Paula Fernanda Pérez-Rivero¹ ; Ismael Leonardo Mieles-Tolozá² 

¹ Psicóloga. Especialista en Psicología Clínica. Magíster en Ciencias Básicas Biomédicas. Docente. Universidad Pontificia Bolivariana. Grupo de Investigación Neurociencias y Comportamiento UIS – UPB. Bucaramanga, Santander, Colombia. Correo electrónico: paulafperezrivero@gmail.com

² Psicólogo. Magíster en Psicología. Docente. Universidad de Investigación y Desarrollo (UDI). Grupo de Investigación UDIPSI. Bucaramanga, Santander, Colombia.

Recibido: 29 de agosto de 2022 - **Aceptado:** 26 de marzo de 2023

ISSN: 0121-0319 | eISSN: 1794-5240



Resumen

Introducción: los modelos neuroeconómicos explican la toma de decisiones a partir de procesos neurofisiológicos, cognitivos y emocionales. La toma de decisiones se estudia a partir de otros subprocesos como la aversión al riesgo. La relación entre aversión al riesgo, impulsividad y/o interocepción es importante para determinar el rol de la conducta y cognición humanas en el mantenimiento de problemas de salud. Esto se ha estudiado en población universitaria, en la que se presentan factores de riesgo para la salud. **Objetivo:** sintetizar los modelos neuroeconómicos descritos en la literatura para establecer la relación entre la aversión al riesgo, impulsividad y/o la cardiocepción en estudiantes universitarios. **Metodología:** revisión tipo alcance realizada del 01 de junio al 30 de septiembre de 2021 en los recursos; PubMed, PsylInfo, Google Scholar, Scenedirect, Scopus, Open dissertations y OpenGrey. Como criterio de inclusión se estableció que se tratara de investigaciones experimentales y observacionales en inglés o español en estudiantes universitarios que evaluaran la relación entre toma de decisiones, impulsividad y/o interocepción. No se filtró por fecha ni por tipo de acceso. **Resultados:** se rastrearon 1035 documentos, 14 cumplieron con los criterios de inclusión. Se identificaron cuatro modelos: neuroeconómico conductual, paradigma de descuento temporal, teoría biopsicológica de Gray y diferencias individuales. Se hallaron correlaciones positivas y negativas entre impulsividad, aversión al riesgo e interocepción. **Conclusiones:** según los estudios existe una relación entre impulsividad y aversión al riesgo, que dependiendo del modelo implementado será positiva o negativa. Las asociaciones con interocepción son poco concluyentes y requieren mayor investigación.

Palabras clave: Neurociencias. Economía. Conducta Impulsiva. Interocepción. Toma de Decisiones. Estudiantes.

¿Cómo citar este artículo? Pérez Rivero PF, Mieles Tolozá IL. Modelos neuroeconómicos explicativos de la relación entre aversión al riesgo, impulsividad y cardiocepción en estudiantes universitarios: revisión de alcance. MÉD.UIS. 2023; 36 (1): 85-102. DOI: <https://doi.org/10.18273/revmed.v36n1-2023006>

Abstract

Introduction: neuroeconomic models explain decision making based on neurophysiological, cognitive, and emotional processes. Decision making is studied from other threads such as risk aversion. The relationship between risk aversion, impulsivity and/or interoception is important to determine the role of human behavior and cognition in the maintenance of health problems. This has been studied in the university population, in which health risk factors are present. **Objective:** to synthesize the neuroeconomic models described in the literature to establish the relationship between risk aversion, impulsivity and/or interoception in university students. **Methodology:** scoping review carried out from June 1 to September 30, 2021, in the resources; PubMed, PsycInfo, Google Scholar, Scopus, Open dissertations, and OpenGrey. As inclusion criteria, it was established that they were experimental and observational investigations in English or Spanish in university students that evaluated the relationship between decision-making, impulsivity and/or interoception. It was not filtered by date or by type of access. **Results:** 1035 documents were searched, 14 met the inclusion criteria. Four models were identified: behavioral neuroeconomic, delaying discount paradigm, Gray's biopsychological theory, and individual differences. Positive and negative correlations were found between impulsivity, risk aversion, and interoception. **Conclusions:** according to the studies, there is a relationship between impulsivity and risk aversion, which depending on the model implemented will be positive or negative. Associations with interoception are inconclusive and require further investigation.

Keywords: Neurosciences. Economics. Impulsive behavior. Interoception. Decision Making. Students.

Introducción

El problema de cómo los seres humanos toman decisiones ha sido abordado desde diferentes disciplinas dentro de las cuales se incluyen la economía, la psicología y las neurociencias¹. Cada uno de estos campos ha proveído diversos métodos y técnicas para estudiar el fenómeno; así desde la economía experimental, se ha procurado establecer un marco teórico que permita comprender los elementos racionales y sus limitaciones en los individuos cuando éstos interactúan con variables económicas y financieras. Por su parte, la psicología ha estudiado los procesos cognitivos, comportamentales y emocionales involucrados en la toma de decisiones y desde las neurociencias se ha acumulado evidencia que ha permitido describir las estructuras y circuitos cerebrales que subyacen a este complejo proceso².

Consecuentemente, y basándose en el cuerpo de conocimientos desarrollado desde cada disciplina, surgió el campo de la neuroeconomía a finales de los años 1990, con la provisión de herramientas de investigación sofisticadas, principalmente de imagenología que permitían por primera vez visualizar lo que sucede en el cerebro cuando los seres humanos toman decisiones³. Adicionalmente, en la literatura científica empezaron a divulgarse resultados de investigaciones que provenían de este naciente campo de investigación, como, por ejemplo, el famoso artículo de Paul W. Glimcher y

Aldo Rustichini "Neuroeconomics: the consilience of brain and decision" publicado en la revista *Science*⁴.

En este contexto y durante las últimas dos décadas se han generado múltiples explicaciones de la toma de decisiones que han dado origen a modelos neuroeconómicos¹, que se definen como propuestas teóricas y metodológicas que explican de forma sistematizada la toma de decisiones a partir de tres aspectos fundamentales: correlatos neurofisiológicos, procesos cognitivos entre los que se encuentran: memoria, atención y funciones ejecutivas, y factores emocionales⁵.

Ahora bien, definir los límites de lo que es un modelo neuroeconómico ha representado un desafío para los investigadores de este campo dado el solapamiento que puede presentarse con otras disciplinas, particularmente la economía conductual, que estudia a través de diferentes métodos cómo las personas toman decisiones en contextos reales⁶. Por esta misma razón, no se presenta de forma definitiva una clasificación o compilado de dichos modelos, sino que varían de acuerdo con la perspectiva de los investigadores⁷.

No obstante, y para propósitos de esta revisión, cabe mencionar la aproximación de Daniel Serra², quién plantea que puede distinguirse entre modelos neuroeconómicos centrados en la cognición y emoción, y modelos sociales. Como su nombre sugiere, los primeros reúnen a aquellas propuestas

que hacen énfasis en el rol de procesos cognitivos y emocionales en la toma de decisiones; uno de éstos es la propuesta de Lily Gutnik y colaboradores⁸, quienes ilustraron las influencias bidireccionales de factores perceptuales y emocionales en la consistencia de la elección a lo largo del tiempo. Referente a los modelos sociales, agrupan aquellas aproximaciones que estudian la interacción entre comportamientos sociales, como el altruismo, la equidad, la confianza y la toma de decisiones⁹. Según Enrico Petracca¹⁰, existen dos perspectivas; el internalismo y el externalismo, ambas plantean que para explicar la toma de decisiones es indispensable la integración de los contextos biológicos (neurales) y de los mecanismos sociales. La principal diferencia es que en el primero, la causa final de la conducta humana se atribuye a los circuitos cerebrales, mientras que la segunda propone que es el contexto social.

Ahora bien, la toma de decisiones se ha estudiado a partir de otros subprocesos, como por ejemplo la aversión al riesgo, que es la tendencia de los seres humanos a reducir la incertidumbre en el momento de tomar decisiones¹¹ y la literalidad probabilística, entendida como la capacidad para comprender operaciones de cálculo probabilístico y estadístico, como comparar y transformar probabilidades y proporciones¹². Algunos estudios han revelado que la aversión al riesgo varía de acuerdo con su interacción con otros procesos emocionales y cognitivos¹³⁻¹⁶. En adolescentes y adultos jóvenes, la impulsividad y la interocepción son dos de las variables que se han reportado como de mayor interacción con la aversión al riesgo¹⁷.

Referente a la impulsividad, esta se define como la dificultad para inhibir y modular comportamientos, pensamientos y emociones, también refiere a una inhabilidad para valorar las consecuencias a largo plazo tanto para sí mismo, como para los demás¹⁸ y según Griffin et al. se caracteriza por la predominancia relativa del comportamiento espontáneo sobre el planificado¹⁹. A nivel psicofisiológico, la impulsividad se ha explicado a partir del sistema de activación-inhibición conductual²⁰. Cuando este sistema falla, ocurre una hiperactividad de la amígdala ante estímulos de potencial recompensa y a una baja capacidad regulatoria de las vías corticales (prefrontales)²¹. Algunas investigaciones han descrito que estudiantes universitarios con alta impulsividad que prefieren obtener gratificación inmediata en lugar de recompensas tardías (así sean

más beneficiosas en el largo plazo) suelen tomar decisiones rápidas antes de evaluar la información disponible, tienen dificultades para esperar, modular reacciones o inhibir una conducta motora iniciada²²⁻²⁵. De igual manera, altos niveles de impulsividad se han asociado con pobre rendimiento académico, bajo razonamiento, comportamiento violento, atracones de comida, consumo de sustancias, bajo autocontrol emocional y conductas autolíticas en adolescentes²⁶ y jóvenes universitarios²⁷.

A propósito de lo anterior, se ha hallado que la impulsividad es uno de los rasgos que predomina en un número importante de trastornos psiquiátricos (adicción, trastorno bipolar, trastorno por déficit de atención con hiperactividad, trastornos de ansiedad, trastornos de la personalidad y trastornos del estado del ánimo)²⁸. En adolescentes y adultos jóvenes, se ha encontrado que los niveles altos de impulsividad incrementan la probabilidad de desarrollar trastornos del estado del ánimo²⁹. De igual forma, la impulsividad se relaciona con un nivel bajo de aversión al riesgo, pues se ha encontrado que personas con bajos niveles de aversión al riesgo son más proclives a involucrarse en conductas peligrosas (consumo de sustancias, conducción arriesgada y conductas sexuales sin protección)^{30,31}.

Por otro lado, se ha referido que la capacidad interoceptiva, entendida como la capacidad de detectar y percibir de manera precisa sensaciones corporales y la cardiocepción, que indica esta misma habilidad para dar cuenta del funcionamiento del corazón (por ejemplo, a través de los latidos del corazón)³² son factores que parecen modular el comportamiento impulsivo³³. Lo anterior debido a que las manifestaciones fisiológicas registrables a través de señales hacen parte de un complejo sistema de regulación continua³⁴. En este sistema los órganos, además de ser blanco de funciones neurales, también son generadores de información y retroalimentan al sistema nervioso central modulando el comportamiento ante estímulos de riesgo potencial^{32,34,35}. Es así como la cardiocepción puede llevar a influenciar los contextos en los que ocurre el comportamiento impulsivo³². Por ejemplo, se ha encontrado que, en personas con baja inhibición conductual, la frecuencia cardíaca es mayor ante estímulos novedosos que en personas con más niveles de inhibición³⁶. Esto podría explicarse considerando que la actividad autonómica está regulada por núcleos hipotalámicos y del tronco encefálico³⁷.

La población universitaria ha sido de interés para el estudio de la aversión al riesgo y de su relación con la interocepción y la impulsividad^{22,38}. Probablemente debido a que en esta etapa del ciclo vital se suelen observar los primeros episodios de enfermedades mentales y se da inicio a conductas de riesgo como el consumo de sustancias³⁹. Además, el estrés académico y los procesos de transición a la vida adulta se han descrito como situaciones que pueden desencadenar problemas no solo clínicos, sino también hábitos no saludables que posteriormente se convierten en factores de riesgo para el desarrollo ulterior de trastornos mentales⁴⁰. Otro aspecto importante es el desempeño académico y el fracaso escolar, dos variables que se han relacionado con bienestar psicológico y calidad de vida posterior⁴¹. Se sabe que las personas que no logran terminar sus estudios universitarios presentan menos probabilidades de acceder a salud, alimentación y condiciones de vida más estables⁴².

A nivel fisiológico, en estudiantes universitarios, se ha reportado que los niveles de cortisol suelen ser más bajos en personas con baja aversión al riesgo y que la testosterona modera el aprendizaje contingente de las conductas de riesgo con recompensas, especialmente en ambientes altamente competitivos⁴³. En suma, podría afirmarse que los indicadores de activación autonómica y su regulación parecen ser las vías fisiológicas que podrían explicar la relación entre la impulsividad, aversión al riesgo y capacidad interoceptiva^{37,43,44}.

En una búsqueda exploratoria que se realizó en el portal PubMed, la plataforma EBSCO host, Google Académico y la base de datos PsycInfo no se encontró una revisión tipo alcance que sintetice los modelos neuroeconómicos que expliquen la interacción entre la aversión al riesgo, la cardiocepción y la impulsividad en estudiantes universitarios. La importancia de describir la interacción entre estos tres fenómenos se justifica en la medida en que se obtuvieron datos que aportan a la construcción de modelos predictivos en salud mental. Asimismo, a partir de dichos modelos podrían diseñarse intervenciones más eficaces para esta población encaminadas no solo al tratamiento sino también a la prevención de trastornos psicológicos.

Es por esto por lo que, en este trabajo se propuso realizar una revisión tipo alcance desde la metodología

del Instituto Joanna Briggs⁴⁵ con el objetivo de sintetizar los modelos neuroeconómicos que han sido descritos en la literatura para establecer la relación entre la aversión al riesgo y la cardiocepción o la impulsividad en estudiantes universitarios, así como describir la relación entre estas variables. En consecuencia, las preguntas formuladas fueron: 1) ¿Cuáles modelos neuroeconómicos han sido descritos para establecer la relación entre la aversión al riesgo y la cardiocepción o la impulsividad en estudiantes universitarios? 2) ¿Cómo se describe la relación entre la aversión al riesgo, la cardiocepción y la impulsividad en estudiantes universitarios?

Método

Diseño

Este trabajo se orientó a partir del protocolo de revisión de alcance del Instituto Joanna Briggs, en la cual se establece y analiza el estado actual de un tema de investigación para el que la evidencia disponible en la literatura es limitada. Así mismo, se señalan vacíos del conocimiento y se identifican ideas para futuros estudios.

Adicionalmente, la búsqueda, examen y selección de los documentos se rigió por la lista de chequeo PRISMA para revisiones de alcance⁴⁶. La búsqueda se realizó entre el 01 de junio y el 30 de septiembre de 2021.

Criterios de inclusión

Participantes

Estudios desarrollados con estudiantes universitarios de pregrado o posgrado, con edades entre 18 y 30 años, de cualquier sexo y raza. No se determinó un criterio de inclusión basándose en el tamaño de la muestra utilizada. Investigaciones realizadas en animales o en poblaciones diferentes a estudiantes universitarios fueron excluidas.

Concepto

Esta revisión incluyó estudios enfocados en analizar la relación entre aversión al riesgo y cardiocepción y/o impulsividad desde modelos neuroeconómicos. La aversión al riesgo es la tendencia de los seres humanos a reducir la incertidumbre en el momento de tomar decisiones¹¹. La cardiocepción se refiere

al conjunto de procesos mediante los cuales el cerebro recibe, procesa y envía información acerca de la función cardíaca⁴⁷. Por su parte, impulsividad comprende cuatro acepciones⁴⁸: 1) incapacidad para soportar la demora de un reforzador, 2) incapacidad para cancelar respuestas erróneas ya en curso, 3) tendencia a ejecutar respuestas guiadas por la presencia e identidad o saliencia del estímulo y 4) tendencia a ejecutar respuestas antes de haber adquirido información suficiente para decidir. Por último, un modelo neuroeconómico es aquel esquema teórico que explica los mecanismos cognitivos, neurales y psicofisiológicos que subyacen a la toma de decisiones⁵. Trabajos que abordaran temáticas diferentes a las anteriormente mencionadas fueron descartados de la revisión.

Contexto

La revisión incluyó estudios desarrollados en laboratorios o centros de investigación o en ambientes naturales (por ejemplo, casa, empresas), entre otros. Los estudios provenían de cualquier parte del mundo.

Tipo de estudio

Se incluyeron estudios de diseño descriptivos, correlacionales y experimentales dentro del paradigma de investigación de las ciencias del comportamiento⁴⁹. También, estudios de caso y estudios de caso único de acuerdo con la clasificación de Hevner et al.⁵⁰. Estudios cualitativos, revisiones de tema y sistemáticas no fueron incluidos.

Idioma de publicación

Se definió la búsqueda en idioma español e inglés. Documentos publicados en otros idiomas fueron descartados.

Otros criterios

Las búsquedas no se limitaron por fecha, ni tampoco por el tipo de acceso a los documentos. En Google Académico se configuró la herramienta de modo que no se buscaran patentes ni citas.

Búsqueda

Para la búsqueda se llevó a cabo una estrategia de tres pasos, tal y como se define en la metodología de

la revisión del alcance del Instituto Joanna Briggs⁴⁵. A continuación, se describen los procedimientos realizados en cada paso.

Primer paso

Se realizó una búsqueda en el portal de PubMed y la base de datos PsycINFO. Se identificaron las palabras contenidas en títulos, resúmenes y descriptores de los artículos para la construcción de la ecuación final de búsqueda.

Para la búsqueda inicial se consideraron los siguientes términos controlados: “Choice Behavior”, “Decision Making”, “Interoception”, “Impulsive Behavior”, “Executive Function”, “Psychophysiology”, “Students”, “Cardioception”, “Cognitive Control”, “Risk Aversion”.

Dada la distribución jerárquica del portal PubMed se identificaron en los árboles de la herramienta los términos relacionados con aquellos definidos inicialmente y también fueron añadidos. Como resultado se obtuvo la siguiente ecuación:

```
((((Choice behavior OR decision making OR Risk-taking [MeSH Terms:noexp]) OR (“Choice behavior” [Title/Abstract] OR “decision making” [Title/Abstract] OR “Risk-taking” [Title/Abstract] OR “risk aversion” [Title/Abstract] OR “financial behavior” [Title/Abstract] OR “economic behavior” [Title/Abstract]))) AND (((interoception [MeSH Terms:noexp]) OR (interocep* [Title/Abstract] OR cardiocep* [Title/Abstract])) OR ((Impulsive Behavior [MeSH Terms:noexp]) OR (Impulsiv* [Title/Abstract])))) AND (“College student” [Title/Abstract] OR “College students” [Title/Abstract] OR “University student” [Title/Abstract] OR “University students” [Title/Abstract] OR “Postgraduate student” [Title/Abstract] OR “Postgraduate students” [Title/Abstract]))
```

Como puede observarse, algunos términos se clasifican como MeSH (Medical Subject Headings) que son los descriptores definidos por la herramienta. A estos MeSH se les añadió etiqueta *noexp.* que se utilizó para que la búsqueda recuperase documentos indexados con el término, pero no así aquellos que estuvieran en niveles inferiores de ese encabezado en la jerarquía MeSH. Por su parte, la denominación

Title/Abstract permite etiquetar los términos de búsqueda que no hacen parte del árbol jerárquico de PubMed pero que si son descriptores de las variables de interés.

Segundo paso

Se realizó la búsqueda de los estudios en todos los recursos considerados en la presente revisión (ver Tabla 1):

Tabla 1. Recursos de búsqueda

Tipo	Recurso
Portales	PubMed
Bases de datos	Sciencedirect, Scopus y PsycINFO
Motores de búsqueda	Google Scholar
Repositorios/tesis y disertaciones	Opengrey, Opendissertations

Fuente: autores

Tercer paso

Se buscaron estudios adicionales en la lista de referencias de los estudios incluidos en la revisión. Todas las búsquedas se realizaron de manera independiente por dos revisores.

Selección de estudios

Los estudios obtenidos fueron exportados al gestor de referencias *Mendeley* y los duplicados fueron removidos. Dos revisores de manera independiente examinaron por título y resumen el cumplimiento de los criterios de inclusión. Se recuperaron los textos completos de los estudios que cumplían los criterios de inclusión para la verificación final del cumplimiento de dichos criterios.

Todo el proceso de selección fue realizado por dos revisores, los desacuerdos fueron resueltos a través de la discusión o con un tercer revisor.

Extracción de datos

Para la extracción de los datos se elaboró una hoja de cálculo en Excel (Microsoft Corporation, 2011) en la cual se consignaron los siguientes datos: autores, fecha de publicación, localización geográfica, modelos

neurobiológicos, participantes, características de la muestra, diseño del estudio, medidas de resultados, procedimientos de la evaluación, resultados de la interacción entre variables, reporte y descripción de las relaciones halladas entre las variables de estudio.

Presentación de datos

Se realizó una narrativa de los hallazgos señalando la descripción de las interacciones entre la aversión al riesgo, la impulsividad y la cardiocepción.

Resultados

Se identificaron 1035 estudios en los recursos previamente establecidos. En la lista de referencias del estudio *Time is money: the decision making of smartphone high users in gain and loss intertemporal choice*⁵¹ se identificó un documento adicional para un total inicial de 1036. Tras la eliminación de duplicados, quedaron 878.

Teniendo como referencia los criterios de inclusión y con la revisión por título y resumen de estos 878 documentos, únicamente se conservaron 71 para revisión completa. Luego de esta revisión, únicamente se preservaron 23, de los cuales 14 trabajos fueron tenidos en cuenta para el análisis, 9 fueron descartados porque no cumplían con alguno de los criterios de inclusión.

El proceso de selección y las razones para la exclusión de los documentos se muestran en el diagrama de flujo (ver Figura 1).

Cabe aclarar que, aunque también se buscaron documentos en español la revisión reporta únicamente investigaciones escritas en inglés, porque las búsquedas arrojaron únicamente estudios publicados en este idioma.

Ahora bien, en coherencia con los objetivos planteados, en los resultados se identificaron los siguientes elementos: 1) procedencia y año de publicación de los estudios, 2) características de los participantes, 3) diseño y análisis de datos y 4) mediciones, interacciones y modelos neuroeconómicos. El detalle de los hallazgos se describe en los apartados subsecuentes.

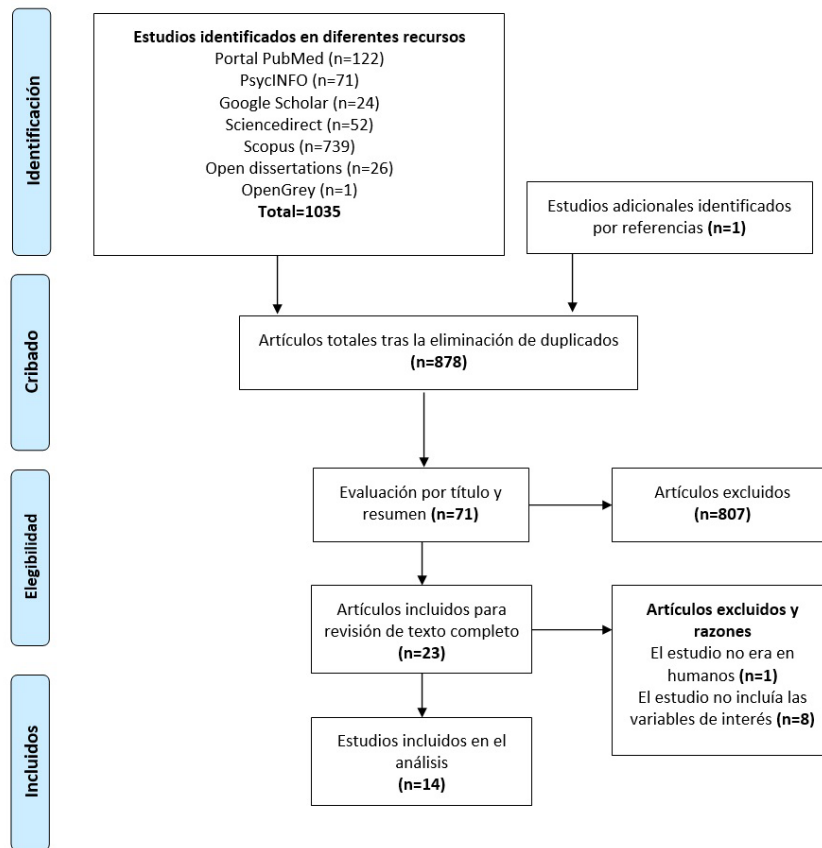


Figura 1. Diagrama de flujo de la revisión de alcance

Fuente: elaboración propia basada en el esquema de la guía PRISMA para revisiones de alcance.

Procedencia y año de publicación

Un estudio⁵² fue publicado en el 2005, dos^{53,54} en el 2009, uno en el 2010⁵⁵, dos^{56,57} en 2011, dos en 2013^{58,59}, tres en 2015⁶⁰⁻⁶², uno⁶³ en el 2016, uno⁵¹ en el 2017 y uno en el año 2019⁶⁴. Seis fueron llevados a cabo en Estados Unidos^{53,56,57,59-61}, dos en China^{51,63}, dos en Canadá^{54,58}, uno en Holanda⁵², uno en Alemania⁶⁴ y uno en Japón⁵⁵.

Características de los participantes

El tamaño de muestra varió de 22 a 227 participantes. En todos los estudios los sujetos eran estudiantes universitarios y se encontraban presumiblemente sanos. Ninguno de ellos delimitaba si estaba en nivel de pregrado o posgrado.

Tres estudios indicaron que su población provenía de la facultad de psicología^{52,54,60} y un estudio reclutó estudiantes en la escuela de economía⁶², los estudios restantes no especificaron el programa académico de los participantes.

Diseño y análisis de datos

Todos los estudios tenían un diseño transversal de tipo correlacional cuantitativo. Los análisis de datos incluyeron: comparación de medias, correlación y modelos de regresión logística. Adicionalmente, algunos estudios utilizaron análisis estadísticos diseñados específicamente para las variables estudiadas (ver Tabla 2).

Tabla 2. Análisis estadísticos reportados en los estudios.

Tipo	Prueba utilizada	Frecuencia	Estudios
Comparación de medias	Prueba t	2	Yesuf, & Feinberg, 2015; Paulsen, Platt, Huettel, & Brannon, 2011
	ANOVA de medidas repetidas	4	Robles, Vargas & Bejarano, 2009; Shead & Hodgins, 2009; Paulsen, Platt, Huettel, & Brannon, 2011; Takano, Takahashi, Tanaka, & Hironaka, 2010
	t-test pareado	3	Bernhardt, et al., 2019; Shead & Hodgins, 2009; Bacova, & Juskova, 2009
	ANOVA mixta	4	Tang, et al., 2017; Marmurek, Switzer, & Alvise, 2013; Poltavski, & Weatherly, 2013; Seifert, & Wulfert, 2011
	Wilcoxon Signed-Rank Test	1	Bacova, & Juskova, 2009
	MANOVA	1	Seifert, & Wulfert, 2011
Comparación de frecuencias	Chi cuadrada de Pearson	3	Bacova, & Juskova, 2009; Seifert, & Wulfert, 2011; Sokol-Hessner, Hartley, Hamilton, & Phelps, 2015
Correlación	Pearson	7	Bernhardt, et al., 2019; Franken & Muris, 2005; Hayashi, Russo & Wirth, 2015; Tang, et al., 2017; Paulsen, Platt, Huettel, & Brannon, 2011; Seifert, & Wulfert, 2011; Sokol-Hessner, Hartley, Hamilton, & Phelps, 2015
	Spearman	3	Bernhardt, et al., 2019; Shead & Hodgins, 2009; Bacova, & Juskova, 2009
Regresión	Logística	3	Hayashi, Russo & Wirth, 2015; Yesuf, & Feinberg, 2015; Marmurek, Switzer, & Alvise, 2013;
	Lineal	2	Bernhardt, et al., 2019; Franken & Muris, 2005
	No lineal	1	Poltavski, & Weatherly, 2013
Análisis especializados	Modelo hiperbólico	4	Robles, Vargas & Bejarano, 2009; Shead & Hodgins, 2009; Wang, et al., 2016; Poltavski, & Weatherly, 2013
	Análisis de área bajo la curva	2	Robles, Vargas & Bejarano, 2009; Shead & Hodgins, 2009
	Regresión vectorial de soporte insensible a Epsilon	1	Wang, et al., 2016
	Función multidimensional de minimización no lineal no restringida	1	Wang, et al., 2016
	Análisis de correlación univariante para resonancia magnética funcional	1	Wang, et al., 2016

Fuente: autores.

Mediciones, interacciones y modelos neuroeconómicos

Los instrumentos para la evaluación de la aversión al riesgo incluyeron tres tareas y un cuestionario de autorreporte. Una de las tareas se basó en el paradigma de descuento temporal⁶⁵, que consiste en encontrar el punto en el que dos recompensas, una relativamente inmediata y otra demorada, tienen aproximadamente el mismo valor. La otra se trató de

un juego de loterías que se ajustó al paradigma de la teoría prospectiva lo cual permitía establecer el nivel de aversión al riesgo y a la pérdida.

La tercera tarea fue la de Iwoga, que se fundamenta en los supuestos de la Teoría de los Marcadores Somáticos⁶⁶ y plantea a los sujetos una decisión entre cuatro mazos de cartas. Las condiciones son: el jugador inicia el experimento con una cantidad de dinero y se le indica que la finalidad es incrementar en

lo máximo posible esta cantidad e intentar perder lo menos posible. El juego consiste en dar la vuelta a las cartas, una cada vez, de cualquiera de los mazos. Al descubrirlas, en todas y cada una de las cartas recibirá una cantidad de dinero y en algunas, además, deberá pagar otra. Al elegir con mayor frecuencia dos de las opciones (mazos C y D) se obtendrán beneficios a largo plazo, mientras que la elección continuada de las otras dos (mazos A y B) dará pérdidas a largo plazo.

Por su parte, *The Adolescent Decision Making Questionnaire (AMDQ)*⁶⁷, es un cuestionario de autorreporte de 22 ítems que mide los estilos de toma de decisiones. Consta de 4 escalas: confianza en sí mismo (p. ej., “Creo que soy un buen tomador de decisiones”), evitación (p. ej., “Evito tomar decisiones”), impulsividad (p. ej., “Tiendo a tomar decisiones sin pensar en ellas”) y pánico (p. ej., “Entro en pánico si tengo que tomar decisiones rápidamente”).

Para la toma de decisiones, se identificaron una prueba psicológica y dos tareas. La *value-based decision-making battery*⁶⁸ basada también en el paradigma de descuento temporal⁶⁵ propone un algoritmo bayesiano que permite clasificar a las personas en dos grupos según el estilo de toma de decisiones, uno de las cuáles ha sido designado como de riesgo. La batería presenta dos opciones, en las que se debe escoger entre una recompensa segura y otra incierta. Se realizan varios intentos que permiten establecer una estimación de la conducta de cada participante. Luego, el algoritmo permite plantear elecciones que evalúan el punto de indiferencia; es decir, el valor en el que las recompensas inciertas o seguras son iguales para el sujeto.

De otro lado, Paulsen et al.⁵⁶, crearon una tarea no simbólica de toma de decisiones, en la cual las personas podían cambiar tarjetas por dinero y éste por un premio (juguete o tarjeta de regalo). En la tarea se planteaban tres tipos de elecciones: 1) riesgo – seguro, 2) riesgo – riesgo y 3) seguro – seguro.

La tarea *riesgo – seguro* presentaba una opción segura y otra incierta, ponderadas con igual probabilidad. La de *riesgo – riesgo*, mostraba dos opciones inciertas, una con mayor ganancia, esta última ponderada con mayor probabilidad. Y, por último, la tarea *seguro – seguro* se ofrecían dos opciones seguras ponderadas con igual probabilidad.

Finalmente, Sokol et al.⁶¹, basándose en la teoría prospectiva¹⁶ llevaron a cabo un experimento en el que los participantes debían seleccionar entre opciones de riesgo y certidumbre. Aquellas de riesgo tenían una mayor recompensa, pero menor probabilidad, mientras que las de certidumbre tenían un premio de menor valor, pero mayor probabilidad. Esta tarea permitía obtener: a) la aversión a la pérdida, b) actitudes de riesgo y c) consistencia entre las elecciones.

Referente a la impulsividad, se evaluó con cuatro instrumentos psicométricos y una tarea cognitiva. Uno de los instrumentos fue la *Escala de Impulsividad de Barrat (BIS)*⁶⁹, que es un cuestionario de autorreporte de 30 ítems que se puntúan para obtener un perfil de impulsividad en tres dimensiones: atención, motora e impulsividad no planificada. El segundo fue *The Dickman Impulsivity Inventory (DII)*⁷⁰ también de autorreporte, permite obtener el perfil de impulsividad funcional y disfuncional. La primera alude a la espontaneidad y capacidad de tomar decisiones de forma rápida cuando el contexto lo demanda. Y la segunda, a la incapacidad de demorar una recompensa o modular la conducta, lo cual lleva a consecuencias indeseadas.

Otro cuestionario fue la *Escala de Impulsividad de Cyders*⁷¹ que es una escala tipo Likert que presenta una serie de afirmaciones con las que las personas deben seleccionar su grado de acuerdo o desacuerdo. El instrumento provee un perfil en cuatro factores: falta de deliberación, falta de persistencia, búsqueda de sensaciones, urgencia positiva y urgencia negativa.

Por último, se utilizó el cuestionario de *Impulsividad de Eysenck*⁷² que mide tres aspectos de la personalidad: impulsividad, búsqueda de aventura y empatía. El instrumento muestra a las personas diferentes afirmaciones ante las que tienen que señalar su grado de acuerdo con cada una.

Referente a la tarea de impulsividad, en un estudio⁶³ se implementó el *Stop signal*, que mide la capacidad de las personas para inhibir una conducta previamente enseñada. En la tarea se presentaban a los participantes dos ensayos: *go* y *stop*. En el primero se mostraban una serie de estímulos ante los que se solicitaba a las personas responder de la forma más rápida posible. Y en el ensayo *stop*, se indicaba que se debía “no ejecutar” la respuesta previa.

En cuanto a la cardiocepción, esta fue evaluada por cuestionarios de autorreporte diseñados por los investigadores (ver Tabla 3), en los que se preguntaba a los participantes qué tantos latidos percibían en un tiempo determinado (n segundos). El reporte dado por los sujetos se contrastaba con los registros de un polígrafo.

Se reportaron cuatro modelos teóricos: económico conductual, paradigma de tiempo de descuento, teoría biopsicológica de Gray y modelo de diferencias individuales. Los dos primeros pertenecen a paradigmas neuroconductuales y los dos últimos a abordajes basados en el estudio de la personalidad y las actitudes (ver Tabla 4).

Las interacciones entre la impulsividad y la aversión al riesgo mostraron una correlación significativa^{51-54, 60, 62}.

Las correlaciones positivas se reportaron en los estudios que utilizaron como base teórica el modelo económico conductual y el paradigma de descuento de tiempo. Sin embargo, en este último las relaciones fueron significativas sólo para las tareas dependientes de la presentación del estímulo (fenómeno *framing*) ($W=191$, $T+=313$, $T--=122$, $p < 0.05$).

Las correlaciones negativas se encontraron en la investigación de Franken et al.⁵², que usó la teoría biopsicológica de Gray y también el paradigma de descuento de tiempo, pero únicamente para las tareas dependientes del reforzamiento (pérdida /ganancia) ($r= - 0.45$, $p < 0.05$). No se reportaron correlaciones significativas en función de la demora de la tarea y los niveles de impulsividad (ver tabla 5).

Tabla 3. Mediciones e instrumentos reportados en los estudios

Variable	Mediciones	Frecuencia	Estudios
Aversión al riesgo	Tarea de descuento de tiempo	6	Hayashi, et al., 2015; Robles, et al., 2009; Shead, et al., 2009; Tang, et al., 2017; Wang, et al., 2016; Poltavski y Weatherly, 2013
	Loterías	1	Yesuf, et al., 2015
	Tarea de Iowa	1	Franken, et al., 2005; Takano, Takahashi, Tanaka y Hironaka, 2010
	Cuestionario AMDQ	1	Franken, et al., 2005
Impulsividad	Escala de impulsividad de Barratt	2	Franken, et al., 2005; Tang, et al., 2017
	Escala DII	1	Franken, et al., 2005
	Impulsivity scale (Cyders, et al., 2007)	1	Marmurek, Switzer y Alvisé, 2013
	Versión corta del BIS-15		Bernhardt, et al., 2019
	Stop signal	1	Wang, et al., 2016
	Eysenck Impulsiveness Questionnaire	1	Seifert y Wulfert, 2011
Toma de decisiones	Value-based decision-making battery	1	Bernhardt, et al., 2019
	Non-symbolic economic decision-making task	1	Paulsen, Platt, Huettel y Brannon, 2011
	Monetary decision-making task	1	Sokol, Hartley, Hamilton y Phelps, 2015
Cardiocepción	Autorreporte	3	Hayashi, et al., 2015; Robles, et al., 2009; Sokol, Hartley, Hamilton y Phelps, 2015
	Monitor de frecuencia cardiaca	1	Seifert y Wulfert, 2011

ADMQ: adolescent decision making questionnaire, **DII:** Dickman impulsivity inventory, **BIS:** Barratt's impulsivity scale.

Fuente: autores.

Tabla 4. Modelos neuroeconómicos

Modelo	Descripción	n	Estudios
Neuroeconómico conductual	Estudia lo que sucede a nivel neuroanatómico y neurofisiológico en la toma de decisiones y la relación entre las emociones y la conducta de los agentes económicos (Glimcher, 2011).	9	Bernhardt, et al., 2019; Hayashi, Russo y Wirth, 2015; Marmurek, Switzer y Alvisé, 2013; Paulsen, Platt, Huettel y Brannon, 2011; Seifert y Wulfert, 2011; Sokol-Hessner, Hartley, Hamilton y Phelps, 2015; Takano, Takahashi, Tanaka y Hironaka, 2010; Tang, et al., 2017; Robles et al., 2009
Paradigma de descuento temporal	Entiende al grado en que las personas prefieren recompensas inmediatas inferiores, en lugar de recompensas futuras mayores (Critchfield & Kollins, 2001).	4	Poltavski y Weatherly, 2013; Robles et al., 2009; Shead, et al., 2009; Tang, et al., 2017
Teoría biopsicológica de Gray	Propone que factores afectivos como la impulsividad, afectan la capacidad en la toma de decisiones (Gray, 1987).	1	Franken, et al., 2005
Modelo de diferencias individuales	Las decisiones económicas dependen de las características particulares de personalidad y cognición (Salthouse, 2017).	1	Wang, et al., 2016

Fuente: autores.

Respecto a la cardiocepción, solo un estudio encontró asociaciones significativas con impulsividad⁵⁷, pero no con aversión al riesgo ni tampoco con variables socio demográficas o académicas.

Las comparaciones por grupos fueron estadísticamente significativas solamente en los estudios que utilizaron el modelo de paradigma de descuento temporal^{51,53,54}. Los resultados mostraron que los participantes que tenían niveles elevados de impulsividad tendían a escoger opciones más arriesgadas (menor aversión al riesgo) que los estudiantes con menos niveles de impulsividad ($p = 0.012$). Las comparaciones por grupos, teniendo como parámetro el nivel de cardiocepción no resultaron significativas en ninguno de los estudios.

Referente a los modelos predictivos, únicamente se reportó como significativo el estudio Wang, et al.⁶³, que utilizó el modelo de diferencias individuales. Se encontró que la actividad del giro frontal inferior derecho, la corteza motora suplementaria y la corteza cingulada anterior predice los tiempos de reacción en la tarea *stop signal*. Esto daría cuenta de una correspondencia neurofisiológica de dichas estructuras con el nivel de impulsividad.

Discusión

De acuerdo con los resultados de esta revisión, los modelos neuroeconómicos que describen la interacción entre la aversión al riesgo, la impulsividad y la cardiocepción son cuatro: económico conductual, paradigma de descuento temporal, teoría biopsicológica de Gray y modelo de diferencias individuales. En este último, las interacciones entre las variables no resultaron significativas, pero sí se identificaron correlatos neurofisiológicos de la impulsividad.

En las interacciones, se encontró que la aversión al riesgo se correlacionó de forma positiva y negativa con la impulsividad. Las relaciones entre estas variables se pueden explicar a partir de tres modelos: económico conductual, teoría biopsicológica de Gray y paradigma de descuento temporal. Las correlaciones positivas se enmarcaron en el primer modelo, las negativas en el segundo y en el tercero se presentaron de ambos tipos, si bien las correlaciones negativas se observaron únicamente en tareas de reforzamiento contingente, en las cuales los participantes pueden establecer una relación entre su decisión y el resultado de ésta, dado que los investigadores van informando las ganancias o pérdidas a medida que avanza el experimento⁵⁴.

Tabla 5. Modelos teóricos neuroconductuales e interacción entre variables

Modelos	Interacción entre las variables
Modelo económico conductual (Bernhardt, 2019; Marmurek, Switzer y Alvisé, 2013; Paulsen, Platt, Huettel y Brannon, 2011; Robles et al., 2009; Seifert y Wulfert, 2011; Takano, Takahashi, Tanaka, Hironaka, 2010; Tang, et al., 2017; Hayashi, et al., 2015;)	La ambigüedad ante el riesgo se correlacionó de forma positiva con los intervalos de probabilidad ($p = 0.002$). La impulsividad, tuvo una correlación positiva con la aversión al riesgo ($r(118) = 0.18, p < 0.05$ para $\ln(k)$ y $r(118) = -0.30, p < 0.001$). Al comparar por niveles de cardiocepción, no se hallaron diferencias significativas entre alto y bajo nivel.
Paradigma de descuento de tiempo (Poltavski y Weatherly; 2013; Robles, Vargas, Bejarano, 2009; Shead, et al., 2009; Tang, et al., 2017).	Las comparaciones por grupos revelaron que los estudiantes que puntuaban alto en impulsividad seleccionaban la opción de más riesgo en la tarea de intervalos temporales ($p = 0.012$). La impulsividad tuvo una correlación negativa con la tarea de probabilidad de ganancia y la probabilidad de pérdida. Se halló una correlación positiva entre la aversión al riesgo y la impulsividad en tareas dependientes del contexto ($W=191, T+=313, T--=122, p < 0.05$). La correlación entre ambas modalidades fue moderada (0.44). No se encontraron diferencias significativas en relación con las medidas del autorreporte de cardiocepción.
Teoría biopsicológica de Gray (Franken, et al., 2005)	La aversión al riesgo tuvo una correlación negativa con la búsqueda de recompensas y con la impulsividad funcional y una correlación negativa con la respuesta de pánico. La impulsividad disfuncional tuvo una correlación positiva con la búsqueda de sensaciones y con la respuesta de evitación. No se observó asociación entre impulsividad disfuncional y aversión al riesgo.
Modelo de diferencias individuales (Wang, et al., 2016)	No se encontraron asociaciones significativas entre la aversión al riesgo y la impulsividad. Sin embargo, los resultados de la fMRI mostraron que el giro frontal inferior derecho, la corteza motora suplementaria y la corteza cingulada anterior predicen los tiempos de reacción de la tarea <i>stop signal</i> ; de modo que, a mayor actividad, mayor tiempo de reacción.

Fuente: autores.

Respecto al tamaño de muestra, se pudo observar que estudios con diferentes tamaños de muestra llevan a cabo análisis de correlación que son estimados al parecer según la proporción de diferentes variables. Es decir, no todos los estudios parecieran usar la relación reportada en la literatura como referencia para el cálculo de la muestra ($r = 0,7$)⁷³.

Las correlaciones ejecutadas fueron de Pearson o Spearman de acuerdo con la estructura de los datos. Únicamente, en el estudio de Wang, et al.⁶³, se utilizó una correlación univariante para resonancia magnética funcional que permitió medir la relación entre el volumen de la materia gris (GMV), el tiempo de respuesta en la tarea de *stop signal* (SSRT), y el estado en reposo de conectividad funcional (RSFC), que mide la correlación temporal de la señal BOLD espontánea entre regiones del cerebro distribuidas espacialmente, con la suposición de que las regiones con actividad correlacionada forman redes funcionales⁷⁴.

Llama la atención que, siendo el estudio de Wang, et al.⁶³, el de mayor número de muestra ($n = 227$) fue el único que no reportó interacciones entre las tres

variables de interés. Es posible que las tareas utilizadas (*stop signal* y descuento temporal adaptada) para medir las variables explique la diferencia con los otros estudios incluidos en esta revisión^{51-54,62,75} y también con hallazgos de otras investigaciones que muestran diferentes grados de asociación entre aversión al riesgo e impulsividad^{23,76,77}. Por ejemplo, se ha señalado que la tarea *stop signal* es sensible para medir flexibilidad cognitiva pero no impulsividad⁴⁰.

Justamente, uno de los aspectos controversiales en el estudio de la aversión al riesgo es el uso de las herramientas de medición. De acuerdo con Kahneman y Tversky¹¹, la presentación de los estímulos puede explicar las variaciones individuales en las preferencias de riesgo de los sujetos, específicamente, las respuestas de las personas podrían variar a partir del efecto del *priming*, en el que la presentación de estímulos previos aleatorios tiene un impacto en el índice de descuento temporal y el nivel de aversión al riesgo⁷⁸. Esto ha sido observado en otros estudios recientes^{79,80}.

En la impulsividad, también las respuestas de los individuos pueden modificarse en relación con

señales del contexto⁸¹ que pueden activar los sistemas de inhibición conductual involucrados con el control de la conducta impulsiva⁸². Por ejemplo, algunos cuestionarios de autorreporte suelen medir aspectos de búsqueda de sensaciones contingentes con consecuencias indeseables para los sujetos, lo que llevaría a mostrar un perfil menos impulsivo⁸³. En esta misma línea, en esta revisión se observó que los estudios que usaron el paradigma de descuento temporal hallaron correlaciones positivas y negativas únicamente para algunas tareas que, justamente son aquellas dependientes del contexto^{51,53,54}. Lo anterior, podría deberse a que este paradigma aborda diferentes aspectos de la aversión al riesgo⁸⁴ cuyas respuestas pueden interactuar con otras variables como el orden de presentación⁸⁵, el tiempo de exposición al estímulo⁸⁶ y las contingencias asociadas⁸¹.

Las correlaciones negativas entre aversión al riesgo e impulsividad han sido reportadas por varios estudios^{23,33,87,88}. La relación entre ambos fenómenos es lógica, en el sentido en que bajos niveles de impulsividad aluden a un sistema de inhibición fuerte⁸⁹. El estilo de funcionamiento de este sistema además explicaría que las personas fueran más temerosas a los eventos nuevos, a la búsqueda de sensaciones y, por supuesto, al riesgo.

Por su parte, las correlaciones positivas no siguen esta misma lógica, sin embargo, podrían explicarse teniendo en cuenta que las tareas con las cuales se presentó dicha interacción eran dependientes del contexto y podrían haber influido en la autovaloración de la impulsividad y en las preferencias de riesgo⁹⁰. En este tipo de tareas, se muestra la consecuencia obtenida de una elección, lo cual puede alterar el punto de referencia a partir del cual la persona valora sus preferencias de riesgo. Esto coincide con lo planteado inicialmente por la teoría prospectiva acumulativa; el cálculo de los niveles de aversión al riesgo y a la pérdida varía en función de la modificación del peso (valor subjetivo) de las elecciones precedentes⁹¹.

Aquí cabe señalar, que los estudios neuroeconómicos por lo general se llevan a cabo en estudiantes de psicología o de economía¹¹, en esta revisión se observó esta situación. Dado que las características de los participantes y su posible conocimiento de las tareas pueden tener un impacto en los resultados, es importante controlar por programa académico o

conocimientos previos en el momento de realizar el muestreo y los análisis estadísticos. De esta forma, podría tener una mejor estimación del impacto de estas variables sobre las preferencias de riesgo y su interacción con otras variables.

Si bien en ninguno de los estudios se llevó a cabo un cálculo de las probabilidades de sesgo que la elección de estudiantes de psicología y economía representa para la investigación, algunos trabajos lo mencionan como una limitación^{57,60}. A propósito, Hanel et al.⁹², ya habían señalado que el uso de estudiantes universitarios como muestra para las investigaciones representaba un problema para la generalización de resultados. En su estudio, compararon los resultados en un perfil de personalidad entre el público general y los estudiantes y hallaron diferencias parcialmente significativas en algunas dimensiones (conducta deshonestas, apertura y autonomía). También, encontraron que, comparado con la población general, los estudiantes presentaban mayor variabilidad, siendo una muestra más heterogénea.

Otro aspecto por discutir es que con cardiocepción sólo se encontró una correlación significativa en un estudio⁶¹. Nuevamente, la naturaleza de los instrumentos utilizados podría explicar estos hallazgos, pues en la mayoría de los estudios incluidos la cardiocepción únicamente se evaluó por autorreporte, limitando los análisis y además la variabilidad de las respuestas posibles. No obstante, Seifert y Wulfert⁵⁷ utilizaron monitores de frecuencia cardíaca para evaluar cardiocepción y tampoco hallaron correlaciones significativas. Puede deberse al efecto que los instrumentos de monitoreo tienen sobre las propias respuestas interoceptivas, coherente con lo anterior, las dificultades en la medición de la cardiocepción son tema recurrente en los estudios neuroeconómicos y psicofisiológicos⁹³ porque incluso, cuando se usan parámetros más objetivos, es un reto cuantificar y asignar un estimativo a los resultados de los participantes que resulte válido y confiable⁹⁴. Esto también explicaría la poca cantidad de estudios que incluyeron la evaluación de la cardiocepción, pese a que ya se ha identificado como un indicador del funcionamiento emocional y cognitivo en diferentes poblaciones⁹⁵.

Ahora bien, en cuanto a las implicaciones prácticas de los resultados de esta revisión, podría afirmarse que la comprensión de la interacción entre estas variables puede ser útil en la formulación y aplicación

de estrategias de intervención para diferentes problemas de salud. Por ejemplo, Pinna et al.⁹⁶, describieron cómo la comprensión de las vías y procesos asociados con la interocepción puede ser utilizada para mejorar la regulación emocional a través de intervenciones basadas en aplicativos móviles. Lo anterior coincide con lo reportado por John et al.⁹⁷, quienes evaluaron la eficacia de un tratamiento basado en *e-salud* para la promoción de la salud. El programa de intervención se fundamentaba en los conocimientos que actualmente se tienen sobre la conducta de riesgo y sus variables asociadas. Los resultados mostraron que las personas que participaban del programa mejoraron su capacidad de toma de decisiones y la capacidad de regulación conductual. Similarmente, en el abordaje de las adicciones, específicamente en el tratamiento de la impulsividad, la comprensión de cómo la aversión al riesgo actúa como un factor mediador ha llevado a resultados más eficaces y con menos recaídas⁹⁸.

También, la comprensión de la interacción entre impulsividad e interocepción se ha utilizado para crear programas en población carcelaria con antecedentes de consumo de sustancias. Choquette et al.⁹⁹, llevaron a cabo una intervención lúdica en mujeres privadas de la libertad que tenían historial de trauma psicológico y diagnóstico de abuso de sustancias. El objetivo era mejorar la capacidad de interocepción, sus resultados mostraron no sólo que dicha habilidad mejoraba, sino que también disminuían los niveles de impulsividad. Adicionalmente, a través del uso de un modelo de *machine learning*, los investigadores estimaron que aquellas mujeres que participaron de la intervención tenían menores probabilidades de reincidir en el crimen que habían cometido. Esto coincide con otros estudios, como por ejemplo, el de Morley¹⁰⁰, quien encontró que al intervenir un grupo de personas con antecedentes criminales a través de un programa de conciencia plena, disminuían los niveles de impulsividad.

Por último, los modelos neuroeconómicos han revelado ser de utilidad para las prácticas pedagógicas. Según Titov¹⁰¹ una de las aplicaciones es la generación de estrategias en la toma de decisiones académicas, en la cual se ofrecen escenarios hipotéticos a los estudiantes y se les instruye en la identificación de las consecuencias a partir de parámetros cuantitativos (objetivos) mientras al mismo tiempo se entrena en la detección de señales emocionales (fisiológicas, cognitivas y

subjetivas) suscitadas por la tarea. Esto favorece que el comportamiento de la elección sea más razonado, y menos impulsivo, pero también permite que los aprendices conozcan sus propias reacciones ante este tipo de situaciones. Estas estrategias han sido utilizadas particularmente en la educación médica, en la que se recrean escenarios probables de la práctica clínica, los cuales exigen la toma de decisiones sobre tratamientos y procedimientos que tienen diferentes consecuencias para los pacientes¹⁰².

Finalmente, respecto a las limitaciones de esta revisión, es importante señalar el vacío de información sobre cardiocepción, pues la descripción de la asociación de este fenómeno con la aversión al riesgo se restringe a un solo estudio, y, en cuanto a impulsividad no fue posible establecerla. Además, dado que no se evaluó la calidad de los estudios, las consideraciones respecto de la aplicabilidad de los resultados son limitadas. También, solo se contó con un tipo de diseño, lo que no permitió describir el comportamiento de las variables en respuesta a manipulación experimental o en períodos de medición más largos. Por último, solo se incluyeron estudios en inglés, trabajos en otros idiomas pudieron haber enriquecido la presente revisión.

Conclusiones

Se identifica que los modelos neuroeconómicos asociados con las variables de aversión, la cardiocepción e impulsividad son el económico conductual, paradigma de descuento temporal, teoría biopsicológica de Gray y modelo de diferencias individuales. En la mayoría de los estudios incluidos en la revisión se encuentra una asociación significativa entre la impulsividad y la aversión al riesgo en estudiantes universitarios, sin embargo dependiendo del modelo implementado esta relación será positiva o negativa, lo cual es indicador de lo sensible de estos resultados al tipo de tarea implementada y posibles sesgos en la población seleccionada, ya que los estudiantes de economía y psicología son los grupos más recurrentes en estos estudios, y a la vez los profesionales que más información poseen sobre las pruebas aplicadas.

Finalmente, en la valoración de la interocepción por medio de la cardiocepción se identifica que estas variables son poco estudiadas a pesar de su evidencia como un indicador del funcionamiento emocional y cognitivo, en gran medida, atribuible a la dificultad

que representa realizar este tipo de mediciones de forma objetiva y los estándares de interpretación poco claros o no estandarizados; por lo anterior la interocepción y particularmente la cardiocepción resulta de interés no solo como variable dentro de futuros proyectos, sino como un campo aún en desarrollo.

Referencias bibliográficas

1. Glimcher PW, Camerer CF, Fehr E, Poldrack RA. Neuroeconomics: Decision making and the brain. San Diego: Elsevier Academic Press; 2009.
2. Kaklauskas A, Abraham A, Ubarte I, Kliukas R, Luksaite V, Binkyte-Veliene A, et al. A Review of AI Cloud and Edge Sensors, Methods, and Applications for the Recognition of Emotional, Affective and Physiological States. *Sensors*. 2022;22(20):7824.
3. Konovalov A, Krajbich I. Over a Decade of Neuroeconomics: What Have We Learned?. *Organizational Research Methods*. 2019;22(1):148-173.
4. Glimcher PW, Rustichini A. Neuroeconomics: The Consilience of Brain and Decision. *Science*. 2004;306(5695):447-452.
5. Dhimi S, Al-Nowaihi A. Behavioral economics. En: Ramachandran VS, editor. *Encyclopedia of human behavior*. 2da ed. Elsevier Academic Press; 2012. p. 288–300.
6. Truc A. Neuroeconomics Hype or Hope? An Answer. *Soc Sci Res Netw*. 2023.
7. Glimcher PW. *Foundations of Neuroeconomic Analysis*. USA: Oxford University Press; 2011.
8. Gutnik LA, Hakimzada AF, Yoskowitz NA, Patel VL. The role of emotion in decision-making: a cognitive neuroeconomic approach towards understanding sexual risk behavior. *J Biomed Inform*. 2006;39(6):720-736.
9. Fehr E, Camerer CF. Social neuroeconomics: the neural circuitry of social preferences. *Trends Cogn Sci*. 2007;11(10):419-427.
10. Petracca E. Two Styles of Social Neuroeconomics. *OEconomia*. 2022;12(1):95-113.
11. Kahneman D, Tversky A. Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*. 1979;47(2):263-291.
12. Cokely ET, Galesic M, Schulz E, Ghazal S, Garcia-Retamero R. Measuring risk literacy: The berlin numeracy test. *Judgm Decis Mak*. 2012;7(1):25-47.
13. Dohmen T, Falk A, Huffman D, Sunde U. Are risk aversion and impatience related to cognitive ability?. *Am Econ Rev*. 2010;100(3):1238–1260.
14. Rodosthenous N, Zhang H. When to sell an asset amid anxiety about drawdowns. *Math Financ*. 2020;30(4):1422-1460.
15. Seth AK. Interoceptive inference, emotion, and the embodied self. *Trends Cogn Sci*. 2013;17(11):565–573.
16. Tversky A, Kahneman D. The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*. 1981;211(4481):453–458.
17. Perri RL, Berchicci M, Lucci G, Spinelli D, Di Russo F. How the brain prevents a second error in a perceptual decision-making task. *Sci Rep*. 2016; 6.
18. Bakhshani NM. Impulsivity: a predisposition toward risky behaviors. *Int J high Risk Behav Addict*. 2014;3(2).
19. Griffin SA, Lynam DR, Samuel DB. Dimensional conceptualizations of impulsivity. *Personal Disord*. 2018;9(4):333–345.
20. Bari A, Robbins TW. Inhibition and impulsivity: Behavioral and neural basis of response control. *Prog Neurobiol*. 2013;108:44–79.
21. Li X, Hu P, Liu J. The neuroanatomical correlates of individual differences in delay discounting: A voxel-based morphometry study. *J Pac Rim Psychol*. 2019;13.
22. Khadka S, Stevens MC, Aslanzadeh F, Narayanan B, Hawkins KA, Austad CS, et al. Composite impulsivity-related domains in college students. *J Psychiatr Res*. 2017;90:118–125.
23. Lopez-Guzman S, Konova AB, Glimcher PW. Computational psychiatry of impulsivity and risk: how risk and time preferences interact in health and disease. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2019;374(1766).
24. Brown RA, Reed KMP, Bloom EL, Minami H, Strong DR, Lejuez CW, et al. Development and preliminary randomized controlled trial of a distress tolerance treatment for smokers with a history of early lapse. *Nicotine Tob Res*. 2013;15(12):2005–2015.
25. Stautz K, Cooper A. Impulsivity-related personality traits and adolescent alcohol use: a meta-analytic review. *Clin Psychol Rev*. 2013;33(4):574–592.
26. Mosquera-Dussán O, Guzmán-Pérez D, Terán-Ortega P, García J, Trujillo-Rojas C, Zamudio-Palacio J, et al. Decision making, stress assessed by physiological response and virtual reality stimuli. *Rev Colomb Psicol*. 2020;29(2):89–103.

27. Grant JE, Lust K, Christenson GA, Redden SA, Chamberlain SR. Gambling and its clinical correlates in university students. *Int J Psychiatry Clin Pract.* 2019;23(1):33–39.
28. Amlung M, Marsden E, Holshausen K, Morris V, Patel H, Vedelago L, et al. Delay Discounting as a Transdiagnostic Process in Psychiatric Disorders: A Meta-analysis. *JAMA Psychiatry.* 2019;76(11):1176–1186.
29. Ng TH, Stange JP, Black CL, Titone MK, Weiss RB, Abramson LY, et al. Impulsivity predicts the onset of DSM-IV-TR or RDC hypomanic and manic episodes in adolescents and young adults with high or moderate reward sensitivity. *J Affect Disord.* 2016;198:88–95.
30. Villalba-Ruiz E, Verdejo-García A. Procesamiento emocional, interocepción y funciones ejecutivas en policonsumidores de drogas en tratamiento. *Trastor Adict.* 2012;14(1):10–20.
31. Dalley JW, Robbins TW. Fractionating impulsivity: neuropsychiatric implications. *Nat Rev Neurosci.* 2017;18(3):158–171.
32. Turel O, Bechara A. A Triadic Reflective-Impulsive-Interoceptive Awareness Model of General and Impulsive Information System Use: Behavioral Tests of Neuro-Cognitive Theory. *Front Psychol.* 2016;7:601.
33. Lopez-Guzman S, Konova AB, Louie K, Glimcher PW. Risk preferences impose a hidden distortion on measures of choice impulsivity. *PLoS One.* 2018; 13(1).
34. Garfinkel SN, Seth AK, Barrett AB, Suzuki K, Critchley HD. Knowing your own heart: Distinguishing interoceptive accuracy from interoceptive awareness. *Biol Psychol.* 2015;104:65–74.
35. Herman AM, Critchley HD, Duka T. Risk-Taking and Impulsivity: The Role of Mood States and Interoception. *Front Psychol.* 2018;9.
36. Moretta T, Sarlo M, Buodo G. Problematic Internet Use: The Relationship Between Resting Heart Rate Variability and Emotional Modulation of Inhibitory Control. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.* 2019;22(7):500–507.
37. Gelpi R, Buchholz B. Neurocardiología. Aspectos fisiopatológicos e implicaciones clínicas. Barcelona: Elsevier; 2018.
38. Rae CL, Ahmad A, Larsson DEO, Silva M, Praag CDGV, Garfinkel SN, et al. Impact of cardiac interoception cues and confidence on voluntary decisions to make or withhold action in an intentional inhibition task. *Sci Rep.* 2020;10(1).
39. Letcher P, Greenwood CJ, Romaniuk H, Spry E, Macdonald JA, McAnally H, et al. Adolescent and young adult mental health problems and infant offspring behavior: Findings from a prospective intergenerational cohort study. *J Affect Disord.* 2020;272:521–528.
40. Zhang S, Tsai SJ, Hu S, Xu J, Chao HH, Calhoun VD, et al. Independent component analysis of functional networks for response inhibition: Inter-subject variation in stop signal reaction time. *Hum Brain Mapp.* 2015;36(9):3289–3302.
41. Sabourin AA, Prater JC, Mason NA. Assessment of mental health in doctor of pharmacy students. *Curr Pharm Teach Learn.* 2019;11(3):243–250.
42. Annapally SR, Jagannathan A, Kishore T, Thirthalli J, Daliboina M, Channaveerachari NK. Barriers to academic reintegration in students with severe mental disorders: Thematic analysis. *Asian J Psychiatr.* 2019;45:107–112.
43. Nofsinger JR, Patterson FM, Shank CA. Decision-Making, Financial Risk Aversion and Behavioral Biases: The Role of Testosterone and Stress. *Econ Hum Biol.* 2018;29:1-16.
44. Dreher JC, Tremblay L. Decision Neuroscience: An Integrative Perspective. London: Academic Press; 2016.
45. Peters MDJ, Godfrey CM, Khalil H, McInerney P, Parker D, Soares CB. Guidance for conducting systematic scoping reviews. *Int J Evid Based Healthc.* 2015;13(3):141–146.
46. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med.* 2018;169(7):467–473.
47. Whitehead WE, Drescher VM, Heiman P, Blackwell B. Relation of heart rate control to heartbeat perception. *Biofeedback Self Regul.* 1977;2(4):317–392.
48. Kim S, Lee D. Prefrontal cortex and impulsive decision making. *Biol Psychiatry.* 2011;69(12):1140–1146.
49. O'Gorman J, Shum D, Bowman C. Assessing cognitive processes. En: Brough P. *Advanced research methods for applied psychology.* 1st ed. London: Routledge; 2018. p. 135–145.
50. Hevner AR, March ST, Park J, Ram S. Design science in information systems research. *MIS Q.* 2004;28(1):75–105.
51. Tang Z, Zhang H, Yan A, Qu C. Time Is Money: The Decision Making of Smartphone High Users in Gain and Loss Intertemporal Choice. *Front*

- Psychol. 2017;8:363.
52. Franken IHA, Muris P. Individual differences in decision-making. *Pers Individ Dif.* 2005;39(5):991–998.
 53. Robles E, Vargas PA, Bejarano R. Within-subject differences in degree of delay discounting as a function of order of presentation of hypothetical cash rewards. *Behav Processes.* 2009;81(2):260–263.
 54. Shead NW, Hodgins DC. Probability discounting of gains and losses: implications for risk attitudes and impulsivity. *J Exp Anal Behav.* 2009;92(1):1–16.
 55. Takano Y, Takahashi N, Tanaka D, Hironaka N. Big losses lead to irrational decision-making in gambling situations: relationship between deliberation and impulsivity. *PLoS One.* 2010;5(2).
 56. Paulsen DJ, Platt ML, Huettel SA, Brannon EM. Decision-making under risk in children, adolescents, and young adults. *Front Psychol.* 2011;2:72.
 57. Seifert CA, Wulfert E. The effects of realistic reward and risk on simulated gambling behavior. *Am J Addict.* 2011;20(2):120–126.
 58. Marmurek HHC, Switzer J, D'Alvise J. Impulsivity, Gambling Cognitions, and the Gambler's Fallacy in University Students. *J Gambl Stud.* 2015;31(1):197–210.
 59. Poltavski D, Weatherly J. Delay and probability discounting of multiple commodities in smokers and never-smokers using multiple-choice tasks. *Behav Pharmacol.* 2013;24(8):659–667.
 60. Hayashi Y, Russo CT, Wirth O. Texting while driving as impulsive choice: A behavioral economic analysis. *Accid Anal Prev.* 2015;83:182–189.
 61. Sokol-Hessner P, Hartley CA, Hamilton JR, Phelps EA. Interoceptive ability predicts aversion to losses. *Cogn Emot.* 2015;29(4):695–701.
 62. Yesuf M, Feinberg R. Ambiguity aversion among student subjects: the role of probability interval and emotional parameters. *Appl Econ Lett.* 2015;23(4):235–238.
 63. Wang Q, Chen C, Cai Y, Li S, Zhao X, Zheng L, et al. Dissociated neural substrates underlying impulsive choice and impulsive action. *Neuroimage.* 2016;134:540–549.
 64. Bernhardt N, Obst E, Nebe S, Pooseh S, Wurst FM, Weinmann W, et al. Acute alcohol effects on impulsive choice in adolescents. *J Psychopharmacol.* 2019;33(3):316–325.
 65. Tesch AD, Sanfey AG. Models and Methods in Delay Discounting. *Ann N Y Acad Sci.* 2008;1128(1):90–94.
 66. Damasio AR, Everitt BJ, Bishop D, Roberts AC, Robbins TW, Weiskrantz L. The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philos Trans R Soc London Ser B Biol Sci.* 1996;351(1346):1413–1420.
 67. Mann L, Harmoni R, Power C, Beswick G, Ormond C. Effectiveness of the GOFER course in decision making for high school students. *J Behav Decis Mak.* 1988;1(3):159–168.
 68. Pooseh S, Bernhardt N, Guevara A, Huys QJM, Smolka MN. Value-based decision-making battery: A Bayesian adaptive approach to assess impulsive and risky behavior. *Behav Res Methods.* 2018;50(1):236–249.
 69. Patton JH, Stanford MS, Barratt ES. Factor structure of the barratt impulsiveness scale. *J Clin Psychol.* 1995;51(6):768–774.
 70. Dickman SJ. Functional and dysfunctional impulsivity: personality and cognitive correlates. *J Pers Soc Psychol.* 1990;58(1):95–102.
 71. Cyders MA, Smith GT, Spillane NS, Fischer S, Annus AM, Peterson C. Integration of impulsivity and positive mood to predict risky behavior: development and validation of a measure of positive urgency. *Psychol Assess.* 2007;19(1):107–118.
 72. Eysenck SB, Eysenck HJ. Impulsiveness and venturesomeness: Their position in a dimensional system of personality description. *Psychol Rep.* 1978;43(3):1247–1255.
 73. Bhatt R, Williams D, Koeing J, Thayer J. Heart rate variability predicts the outcome of risk taking behavior in judgment and decision-making. *Psychosom Med.* 2015;77(3):90–111.
 74. Woodward ND, Cascio CJ. Resting-State Functional Connectivity in Psychiatric Disorders. *JAMA Psychiatry.* 2015;72(8):743–744.
 75. Hayashi Y, Rivera EA, Modico JG, Foreman AM, Wirth O. Texting while driving, executive function, and impulsivity in college students. *Accid Anal Prev.* 2017;102:72–80.
 76. Reddy LF, Lee J, Davis MC, Altshuler L, Glahn DC, Miklowitz DJ, et al. Impulsivity and risk taking in bipolar disorder and schizophrenia. *Neuropsychopharmacology.* 2014;39(2):456–463.
 77. Upton DJ, Bishara AJ, Ahn WY, Stout JC. Propensity for risk taking and trait impulsivity in the Iowa Gambling Task. *Pers Individ Dif.* 2011;50(4):492–495.
 78. Israel A, Rosenboim M, Shavit T. Using priming

- manipulations to affect time preferences and risk aversion: An experimental study. *J Behav Exp Econ*. 2014;53:36–43.
79. Gosling CJ, Moutier S. Is the framing effect a framing affect?. *Q J Exp Psychol (Hove)*. 2019;72(6):1412–1421.
 80. Korn CW, Heekeren HR, Oganian Y. The framing effect in a monetary gambling task is robust in minimally verbal language switching contexts. *Q J Exp Psychol (Hove)*. 2019;72(1):52–59.
 81. Belin D, Campbell EJ, Morein-Zamir S, Zorrilla EP, Koob GF. Impulsivity Derived From the Dark Side: Neurocircuits That Contribute to Negative Urgency. *Front Behav Neurosci*. 2019;13.
 82. Herman AM, Critchley HD, Duka T. Risk-taking and impulsivity: The role of mood states and interoception. *Front Psychol*. 2018;9.
 83. Li G, Zhang S, Le TM, Tang X, Li C-SR. Neural Responses to Reward in a Gambling Task: Sex Differences and Individual Variation in Reward-Driven Impulsivity. *Cereb Cortex Commun*. 2020;1(1).
 84. Onagawa R, Shinya M, Ota K, Kudo K. Risk aversion in the adjustment of speed-accuracy tradeoff depending on time constraints. *Sci Rep*. 2019;9.
 85. Yamamoto H, Shinya M, Kudo K. Cognitive Bias for the Distribution of Ball Landing Positions in Amateur Tennis Players (Cognitive Bias for the Motor Variance in Tennis). *J Mot Behav*. 2019;51(2):141–150.
 86. Zhang H, Daw ND, Maloney LT. Testing whether humans have an accurate model of their own motor uncertainty in a speeded reaching task. *PLoS Comput Biol*. 2013;9(5).
 87. Gardner M, Steinberg L. Peer influence on risk taking, risk preference, and risky decision making in adolescence and adulthood: an experimental study. *Dev Psychol*. 2005;41(4):625–635.
 88. Myerson J, Green L. Discounting of delayed rewards: Models of individual choice. *J Exp Anal Behav*. 1995;64(3):263–276.
 89. Nigg JT. Annual Research Review: On the relations among self-regulation, self-control, executive functioning, effortful control, cognitive control, impulsivity, risk-taking, and inhibition for developmental psychopathology. *J Child Psychol Psychiatry*. 2017;58(4):361–383.
 90. Kirby KN, Maraković NN. Modeling Myopic Decisions: Evidence for Hyperbolic Delay-Discounting within Subjects and Amounts. *Organ Behav Hum Decis Process*. 1995;64(1):22–30.
 91. Stott HP. Cumulative prospect theory's functional menagerie. *J Risk Uncertain*. 2006;32(2):101–130.
 92. Hanel PHP, Vione KC. Do Student Samples Provide an Accurate Estimate of the General Public? *PLoS One*. 2016;11(12).
 93. Murphy J, Catmur C, Bird G. Classifying individual differences in interoception: Implications for the measurement of interoceptive awareness. *Psychon Bull Rev*. 2019;26(5):1467–1471.
 94. Zamariola G, Maurage P, Luminet O, Corneille O. Interoceptive accuracy scores from the heartbeat counting task are problematic: Evidence from simple bivariate correlations. *Biol Psychol*. 2018;137:12–17.
 95. Attema AE, Brouwer WBF, L'Haridon O. Prospect theory in the health domain: a quantitative assessment. *J Health Econ*. 2013;32(6):1057–1065.
 96. Pinna T, Edwards DJ. A Systematic Review of Associations Between Interoception, Vagal Tone, and Emotional Regulation: Potential Applications for Mental Health, Wellbeing, Psychological Flexibility, and Chronic Conditions. *Front Psychol*. 2020;11:1792.
 97. John A, Orkin K. Can Simple Psychological Interventions Increase Preventive Health Investment? *J Eur Econ Assoc*. 2022;20(3):1001–1047.
 98. Cabedo-Peris J, González-Sala F, Merino-Soto C, Pablo JÁC, Toledano-Toledano F. Decision Making in Addictive Behaviors Based on Prospect Theory: A Systematic Review. *Healthcare*. 2022;10(9):1659.
 99. Choquette EM, Forthman KL, Kirlic N, Stewart JL, Cannon MJ, Akeman E, et al. Impulsivity, Trauma History, and Interoceptive Awareness Contribute to Completion of a Criminal Diversion Substance Use Treatment Program for Women. *SSRN*. 2022.
 100. Morley RH. The Impact of Mindfulness Meditation and Self-Compassion on Criminal Impulsivity in a Prisoner Sample. *J Police Crim Psychol*. 2018;33(2):118–122.
 101. Titov S, Pluzhnik E. Neuroeconomics and Management Educations: Perspectives for New Applications and Approaches. *SHS Web Conf*. 2016;29.
 102. Saposnik G. Applying Behavioral Economics and Neuroeconomics to Medical Education and Clinical Care. *Can J Neurol Sci*. 2019;46(1):35–37.