

## Revisión

# Efectos organizacionales y activacionales de la testosterona sobre la asunción de riesgos en conductas económicas: una revisión sistemática



David Siurana, Marien Gadea\* y Raúl Espert

Departamento de Psicobiología, Facultad de Psicología, Universidad de Valencia, Valencia, España

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

### Historia del artículo:

Recibido el 6 de marzo de 2017

Aceptado el 5 de junio de 2017

On-line el 28 de julio de 2017

### Palabras clave:

Testosterona  
Efectos organizacionales  
Efectos activacionales  
Asunción de riesgos  
Conducta económica

## R E S U M E N

El objetivo de esta revisión sistemática es evaluar la influencia de la testosterona circulante (efectos activacionales) y de la exposición prenatal a ella (efectos organizacionales) sobre la asunción de riesgos en conductas económicas, evaluando los trabajos de investigación existentes hasta la fecha acerca de la temática. La base bibliográfica analizada se obtuvo de distintas bases de datos especializadas en el ámbito de la psicología y las neurociencias. Los resultados obtenidos concluyen en una relación contrastada entre la testosterona circulante y la asunción de riesgo financiero. En lo referente a la exposición prenatal se evidencia un estado inmaduro de la investigación sobre la temática, ya que los pocos artículos disponibles difieren en gran medida en cuanto a metodologías y resultados. Se espera que este trabajo sirva como visión general del estado actual de la cuestión tratada, con vistas a unificar las metodologías y tratar de mejorar la calidad de las futuras investigaciones.

© 2017 Fundación Universitaria Konrad Lorenz. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Organizational and activation effects of testosterone on risk-taking in economical behavior: A systematic review

## A B S T R A C T

This systematic review undertook to evaluate the influence of circulating testosterone (activation effects) and the pre-natal exposure to this (organisational effects) as regards risk-taking decisions in financial behaviour. An evaluation was also made on the research work to date on this subject. The bibliographic database analysed was obtained from different databases specialised in the field of psychology and neuroscience. The results obtained show a relationship between circulating testosterone and financial risk-taking. As regards prenatal exposure, research on this topic is still in its infancy, since the few articles found

### Keywords:

Testosterone  
Organisational effects  
Activation effects  
Risk-taking  
Economical behaviour

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [marien.gadea@uv.es](mailto:marien.gadea@uv.es) (M. Gadea).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.sumpsi.2017.06.003>

0121-4381/© 2017 Fundación Universitaria Konrad Lorenz. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

widely differ in methodologies and results. It is hoped that this study will serve as an overview of the current state of the topic, in order to unify the methodologies and to try to improve the quality of future research.

© 2017 Fundación Universitaria Konrad Lorenz. Published by Elsevier España, S.L.U.  
This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Este trabajo se presenta con el objetivo principal de analizar la evidencia empírica disponible sobre la manera en la que la testosterona circulante o la exposición prenatal a ella pueden influir en la asunción de riesgos en decisiones financieras y, de esta forma, aportar un documento que permita agrupar los conocimientos obtenidos en esta área acerca de la interacción entre hormonas y conductas económicas.

La testosterona es un andrógeno producido principalmente por los testículos, pero también por los ovarios y las glándulas suprarrenales. Se ha comprobado en numerosos estudios que la testosterona circulante ejerce un papel activador en las conductas sexuales y competitivas. Un ejemplo de esta influencia es la hipótesis del «efecto ganador», que se observa cuando un atleta gana una competición (Carré, Campbell, Lozoya, Goetz & Welker, 2013). Al ganar aumenta su nivel de testosterona, y esto influye en su confianza y su capacidad de asumir riesgos; a su vez aumenta las probabilidades de ganar otra competición y genera un bucle que se retroalimenta positivamente.

Estudios en animales demuestran que la testosterona circulante puede aumentar la confianza (Boissy & Bouissou, 1994), la persistencia en el comportamiento de búsqueda (Andrew & Rogers, 1972), la vigilancia (Fusani, Beani, Lupo & Dessi-Fulgheri, 1997) y aumenta la sensibilidad a la recompensa (Arnedo, Salvador, Martínez-Sánchez & González-Bono, 2000). También reduce la sensibilidad al castigo (Boissy & Bouissou, 1994). En humanos se relaciona con la búsqueda del estatus, tanto en hombres (Schaal, Tremblay, Soussignan & Susman, 1996) como en mujeres (Grant & France, 2001). En relación con el riesgo, varios estudios han investigado la relación entre testosterona circulante y propensión al riesgo, aunque la mayoría se centran en la asunción de riesgos en conductas sociales. De hecho, se ha asociado el nivel de testosterona al riesgo de comportamiento antisocial y a la delincuencia en adolescentes (Rowe, Maughan, Worthman, Costello & Angold, 2004; Vermeersch, T'Sjoen, Kaufman & Vincke, 2008); y al riesgo asociado con la salud en hombres adultos (Booth, Johnson & Granger, 1999). También, los individuos con niveles altos de testosterona se muestran más preparados y más expuestos al riesgo en situaciones peligrosas, por ejemplo, en la batalla (Gimbel & Booth, 1996), así como aparentan ser más dominantes (Dabbs, 1997) que los que tienen niveles más bajos. La explicación evolutiva señala que los individuos que poseían estas características eran física y socialmente más dominantes sobre el resto, por lo cual tenían más acceso a recursos y a la reproducción. Otra visión más neurológica señala que la testosterona activa las vías mesolímbicas dopaminérgicas relacionadas con la recompensa (Campbell et al., 2010).

Además, la exposición prenatal a la testosterona ha demostrado tener efectos organizacionales en el cerebro en

desarrollo de los fetos, entre los que se destaca el aumento de la sensibilidad hacia los efectos activacionales de la testosterona circulante en la adultez. En la literatura actual se admite que la medida de la ratio 2D:4D (relación entre la longitud de los dedos índice y anular de la mano) es un indicador indirecto del nivel de exposición prenatal a testosterona in utero (Manning, Bundred, Newton & Flanagan., 2003). Se ha observado un dimorfismo sexual en dicha ratio y las ratios de los hombres y las mujeres con hiperplasia adrenal congénita son menores (Brown, Hines, Fane & Breedlove, 2002; Okten, Kalyoncu & Yaris 2002). Además, una ratio baja se ha asociado con una mayor sensibilidad al receptor androgénico (Manning, Bundred, Newton & Flanagan, 2003).

Es por eso que estos hallazgos sugieren que las hormonas sexuales producidas por las gónadas modulan en gran medida el crecimiento de dichos dedos. Dado que gran parte de los estudios y metaanálisis más recientes (Turanovic, Pratt & Piquero, 2017; Ribeiro et al., 2016) admiten la ratio 2D:4D como marcador de la exposición prenatal a la testosterona, en la presente revisión también se admitirá como medida válida. A su vez, este marcador se ha asociado con rasgos como agresión (Bailey & Hurd, 2005), capacidad atlética (Manning & Hill, 2008), dominancia percibida (Neave, Laing, Fink & Manning, 2003), neuroticismo (Austin, Manning, McInroy & Mathews, 2002), búsqueda de sensaciones (Austin et al., 2002) o una buena actuación en tareas visuales y espaciales (Manning & Taylor, 2001).

Por otra parte, y dado que la mayoría de las pruebas que evalúan la asunción de riesgo económico lo hacen mediante tareas que implican la elección entre loterías con mayor o menor probabilidades, surgen dudas sobre el papel que ejerce la parte cognitiva. Es decir, podríamos pensar que los sujetos con mejores habilidades cognitivas lleven a cabo mejores actuaciones en las pruebas, y que esto no se deba exclusivamente a la asunción de riesgos. Brañas-Garza, Guillén y López del Paso (2008) estudiaron si las habilidades matemáticas afectan a las decisiones en condiciones de riesgo separando a los participantes de su experimento en tres grupos, según sus habilidades matemáticas, y concluyeron que no había diferencias en la actuación de dichos grupos en diversas pruebas de riesgo económico. Por el contrario, en el trabajo de Bosch-Rosa, Meissner y Bosch-Domènech (2015) llegaron a la conclusión de que los sujetos con mayores niveles cognitivos se vieron menos afectados por la confusión, y por consiguiente se equivocaron menos veces en los dos experimentos de inversión económica de los que consta el estudio. Creemos que las razones dadas en el trabajo de Brañas-Garza et al. (2008) están bien fundamentadas, por lo que en la presente revisión se asumirá que el papel de las habilidades cognitivas no tiene un efecto significativo en tareas diseñadas

para medir la asunción de riesgo en conductas económicas.

Asimismo, parece haber diferencias de género en cuanto a preferencias de riesgo y las mujeres tienen más aversión al riesgo. Además, la asunción de riesgos varía según la fase del ciclo menstrual en el que se esté; se muestra más aversión cuando el nivel de estrógenos es mayor (Bröder & Hohmann, 2003; Chavanne & Gallup, 1998). También, se ha sugerido que la exposición prenatal a la testosterona afecta a la sociabilidad y a la capacidad de empatizar de los niños (Knickmeyer, Baron-Cohen, Raggatt, Taylor & Hackett, 2006).

En definitiva, las asociaciones de la testosterona con la agresividad, la dominancia y los comportamientos de riesgo sugieren que altas concentraciones de esta hormona favorecen un aumento del riesgo asumido.

Dos de las tareas más utilizadas por la comunidad científica en relación con la toma de decisiones económicas son la *Iowa Gambling Task* (IGT) (Bechara, Damasio, Damasio & Anderson, 1994) y la tarea de Holt y Laury (2002). La primera se diseñó para simular las condiciones de la toma de decisiones en la vida real. Es ampliamente utilizada en contextos de laboratorio y clínicos para investigar el proceso de toma de decisiones financieras, puesto que estudia la propensión al riesgo y la reacción a la recompensa y al castigo. Consiste en una tarea compleja que implica ganancias y pérdidas asociadas con cuatro barajas de cartas. Dos de ellas se consideran ventajosas puesto que permiten obtener más ganancias, a pesar de que las recompensas inmediatas son menores; mientras que las otras dos barajas son desventajosas y las recompensas inmediatas son mayores. En hombres jóvenes se ha encontrado una correlación negativa entre la testosterona circulante y el número de cartas ventajosas seleccionadas (Reavis & Overman, 2001). Sin embargo, es necesario señalar que la IGT no es una medida pura de la asunción de riesgos, ya que implica variables como el control de impulsos y el aprendizaje a partir del *feedback*.

La segunda tarea, la de Holt y Laury, consiste en hacer elecciones entre dos loterías, una de ellas más segura (izquierda) y la otra más arriesgada (derecha) pero mejor pagada. La probabilidad de las recompensas varía a lo largo de la lista de loterías, por lo que esta se ordena de menor a mayor pago posible. Se espera que los sujetos con mayor afinidad al riesgo hagan más elecciones arriesgadas (derecha) y que los sujetos con mayor aversión al riesgo hagan más elecciones seguras (izquierda). Otra tarea utilizada varias veces en los trabajos revisados es el *Jackson Personality Inventory* (JPI). Se trata de un instrumento psicométrico diseñado para medir diversas facetas de la personalidad en poblaciones normales. Cuenta con una escala de riesgo definida de esta manera por el autor: «Los individuos que obtienen una puntuación alta en esta escala son propensos a exponerse a situaciones con resultados inciertos. Aquellos con puntuaciones bajas tienden a ser más cautelosos en su acercamiento a las cosas» (Jackson, 1994). Como se aprecia en su descripción, este test no mide exclusivamente el riesgo asociado a conductas económicas.

La pregunta que plantea esta revisión no es otra que la siguiente: ¿cómo influye la testosterona en la asunción de riesgos en conductas económicas? La hipótesis que se propone es que tanto los niveles de testosterona circulante (efecto activacional) como la ratio 2D:4D (efecto organizacional) se

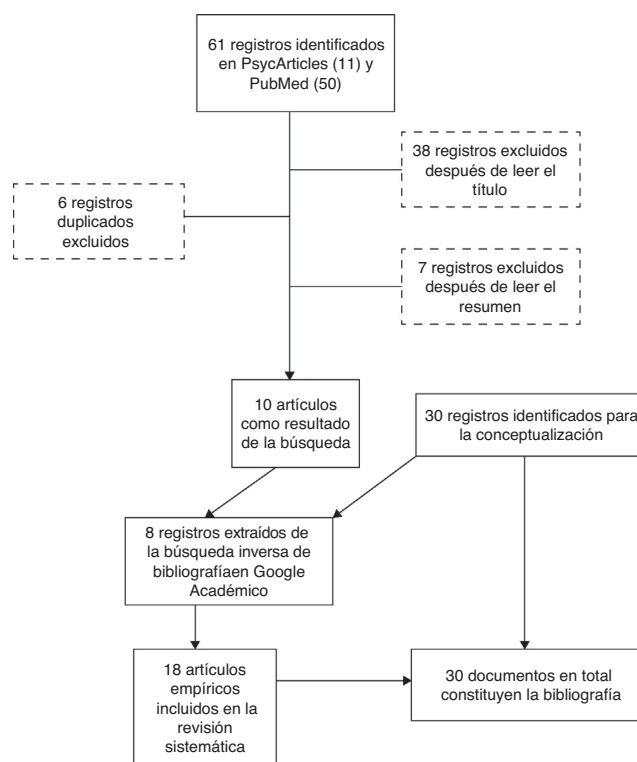
relacionan significativamente con la asunción de riesgos económicos. Por último, es importante señalar que el presente trabajo pretende ofrecer una visión general del estado actual de la temática, que pueda tomarse como punto de partida común para futuras investigaciones y que aúne lo mejor de las metodologías de cada trabajo y evite sus sesgos o errores en la medida de lo posible.

## Materiales y métodos

En este trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica desde 2004 hasta 2015. Las publicaciones se obtuvieron de las bases de datos online PubMed, Google Scholar y PsycArticles. En cada uno de los tres buscadores académicos se utilizaron las mismas palabras clave: *testosterone*, *economic risk-taking*, *financial risk*, *economic risk-aversion*, *behavioral economics*, *endocrinological economics* y *neuroeconomics*. Se combinaron con los operadores booleanos AND y OR, según conviniera. Los términos más utilizados y que arrojaron mejores resultados fueron *testosterone*, *economic risk-taking* y *financial risk*. El resto de términos ofrecieron resultados repetidos o poco útiles para esta revisión.

Dado que no se han encontrado trabajos empíricos sobre el tema tratado en castellano, solo se incluyen publicaciones en inglés. Además, la mayoría de las publicaciones que se contemplan en esta revisión sistemática se sitúan entre 2006 y 2015, con una única excepción de un artículo publicado en el año 2004.

Los criterios de inclusión que se han seguido para filtrar los resultados que puedan ajustarse a la temática de la revisión son los siguientes:



**Figura 1 – Diagrama de flujo especificando el proceso de búsqueda de los documentos.**

- Que se trate de una investigación empírica y no de un estudio de caso o una revisión.
- Que el artículo trate de relacionar el nivel de testosterona actual o la exposición prenatal a ella con conductas de preferencia de riesgo en un contexto económico. Dichas conductas se refieren a la facilidad para la asunción del riesgo o a la aversión al riesgo en decisiones que conlleven ganancias o pérdidas económicas reales o ficticias.

A continuación, los criterios de exclusión seguidos:

- No se han escogido artículos que relacionen la testosterona con comportamientos económicos que se vean afectados por otras variables de tipo cognitivo como la competitividad, la generosidad, la confianza, la cooperación o la justicia. Por ejemplo, algunos artículos no seleccionados incluían una metodología conocida como el juego del ultimátum, en el que intervienen factores como el deseo de castigar ofertas egoístas o el deseo de no querer parecer sumiso al competidor.
- No se han seleccionado investigaciones sobre muestras no humanas.

El sexo o la edad de los participantes no se ha considerado un criterio de inclusión-exclusión en la revisión, puesto que para evaluar el impacto de la testosterona en la toma de decisiones económicas la variable medida es los distintos niveles de testosterona en saliva o de exposición prenatal a la testosterona de las muestras equivalentes, y no la cantidad total de los sujetos en comparación con la de la población.

Una primera búsqueda en las bases de datos PubMed y PsycArticles con los términos *testosterone AND (economical risk-taking OR financial risk)* arrojó 50 resultados, de los cuales se seleccionaron 17 que se consideraron adecuados. Tras leer el resumen de dichos artículos se establecieron un total de 10 publicaciones que cumplían los criterios de inclusión y, por lo tanto, se consideraron idóneos para la temática de la revisión.

Tras revisar la bibliografía de las 10 publicaciones encontradas en la búsqueda automática, así como los artículos y capítulos de libro utilizados para conceptualizar el tema, se procedió a una exhaustiva búsqueda inversa en la base de datos Google Académico que finalizó con ocho artículos que, incluidos a los 10 anteriores, resultan en el total de los 18 artículos empíricos revisados en este trabajo (fig. 1).

## Resultados

Los resultados obtenidos por los trabajos revisados se encuentran detallados en la [tabla 1](#) al final de este apartado.

Dos de los estudios, el de [Van Honk et al. \(2004\)](#) y el de [Cueva et al. \(2015\)](#) trataron de hacer más visible el efecto de la testosterona sobre la asunción de riesgo mediante la administración exógena de la hormona. Los resultados de ambas investigaciones muestran un aumento de las inversiones arriesgadas en sus respectivas tareas, apoyando la hipótesis de esta revisión. Además, el hecho de que a niveles de testosterona superiores a los normales se mantenga el aumento de riesgo, sugiere que la relación entre las dos variables tratadas es lineal. Sin

embargo, estos resultados pueden estar limitados al tamaño y al género diferente de las muestras empleadas: 12 mujeres en el caso de [Van Honk et al.](#) y 36 hombres en el de [Cueva et al.](#)

Un trabajo similar fue el de [Zethraeus et al. \(2009\)](#), en el que administraron testosterona, estrógeno o un placebo a una muestra de 203 mujeres entre 50 y 65 años. Los resultados obtenidos no indicaron ninguna relación significativa entre testosterona y el riesgo mostrado en una tarea de inversión. En este caso la muestra es numerosa pero, dadas sus características demográficas, sus resultados no pueden generalizarse al resto de la población.

[Coates y Herbert \(2007\)](#) y [Coates, Gurnell y Rustichini \(2008\)](#) llevaron a cabo dos investigaciones en la misma oficina de *traders* de alta frecuencia (especuladores que realizan operaciones de compra-venta de activos financieros). En este tipo de inversión económica se requiere, entre otras capacidades, la de tomar decisiones arriesgadas en poco tiempo, por lo que en ambos estudios se considera que tanto unos beneficios diarios como una larga carrera profesional como *trader* son marcadores fiables de la asunción de riesgos.

En el primer estudio, [Coates y Herbert \(2007\)](#) tomaron dos medidas diarias de testosterona salival en una muestra de 17 trabajadores hombres y las relacionaron con los beneficios y pérdidas diarios. Observaron que las dos medidas de testosterona, tomadas a las 11:00 a.m. y a las 4:00 p.m., correlacionan positivamente con las ganancias diarias. En otras palabras, los días en que los niveles de testosterona circulante eran más altos a las 11:00 a.m., las ganancias de ese día serían significativamente mayores, y lo mismo ocurre entre las muestras de saliva de las 4:00 p.m. y las ganancias. A pesar de la escasa muestra, este estudio cuenta con dos puntos de interés para la investigación de la temática: (a) tiene en cuenta la acción del cortisol conjuntamente con la de la testosterona y (b) establece una relación clara y directa entre los niveles de testosterona y la conducta económica. Por otro lado, el estudio de [Coates et al. \(2008\)](#) utilizó una muestra de 44 hombres de la misma planta de *trading* para averiguar si el marcador 2D:4D podría considerarse un predictor del éxito de sus carreras profesionales. Para ello midieron las ganancias diarias de los *traders* durante un periodo de 20 meses aproximadamente, y concluyeron que existía una correlación negativa entre la ratio 2D:4D y el riesgo asumido. Estos datos apoyan la hipótesis de la revisión, pero una vez más, las muestras usadas son pequeñas y compuestas por hombres en su totalidad.

Por otra parte, las investigaciones de [Sapienza, Zingales y Maestripieri \(2009\)](#), [Brañas-Garza y Rustichini \(2011\)](#), [Schipper \(2012\)](#), [Apicella, Dreber y Mollerstrom \(2013\)](#) y [Drichoutis y Nayga \(2015\)](#) midieron la asunción de riesgos utilizando la tarea de aversión al riesgo de Holt y Laury. Estos trabajos contaron con muestras de un tamaño adecuado y mixtas en cuanto a género se refiere, excepto la de [Apicella et al. \(2013\)](#), cuyos participantes fueron todos hombres. Los resultados obtenidos por [Sapienza et al. \(2009\)](#) mostraron una correlación negativa entre testosterona circulante y aversión al riesgo solo en mujeres. En cuanto al efecto de la exposición prenatal a la testosterona, utilizaron el marcador 2D:4D y el test *Reading the Mind in the Eyes* de Baron-Cohen como medida indirecta, pero no obtuvieron ningún resultado significativo. [Brañas-Garza y Rustichini \(2011\)](#), en cambio, encontraron una relación negativa entre el marcador 2D:4D y aversión al riesgo solo



**Tabla 1 – Características específicas de los estudios revisados**

Autores	Muestra	Metodología	Resultados
Van Honk et al. (2004)	12 mujeres entre 20 y 25 años	T: administración T/placebo. Riesgo: Iowa Gambling Task	Sujetos con T alta tomaron decisiones significativamente más arriesgadas
White et al. (2006)	110 hombres	T: saliva. Riesgo: Jackson Personality Inventory	T correlaciona positivamente con la propensión al riesgo
Coates y Herbert (2007)	17 hombres entre 18 y 38 años	T: saliva. Riesgo: ganancias económicas	Testosterona correlaciona positivamente con las ganancias económicas en traders financieros
Dreber y Hoffman (2007)	147 estudiantes de economía (55 mujeres y 92 hombres)	T: 2D:4D. Riesgo: tarea de Gneezy y Potters	Exposición prenatal a andrógenos (2D:4D) correlaciona positivamente con aversión al riesgo. Efecto solo significativo midiendo la mano izquierda. Más significativo en mujeres
Coates et al. (2008)	44 hombres	T: 2D:4D. Riesgo: estadísticas de ganancias y pérdidas de traders	2D:4D correlaciona negativamente con éxito en carreras relacionadas con decisiones económicas (más riesgo)
Apicella et al. (2008)	98 hombre entre 18 y 23 años	T: saliva y 2D:4D. Riesgo: tarea de Gneezy y Potters	Correlación positiva entre riesgo financiero y T circulante. No se ha encontrado correlación significativa entre exposición prenatal a T y riesgo
Zethraeus et al. (2009)	203 mujeres entre 50 y 65 años	T: administración de t/estrógeno/placebo. Riesgo: tarea de inversión.	Relación entre T y riesgo económico no significativa
Sapienza et al. (2009)	460 estudiantes de MBA (320 hombres y 140 mujeres)	T: saliva y 2D:4D. Riesgo: tarea de Holt y Laury y test «Reading the Mind in the Eyes» de Baron-Cohen	T en saliva mostró una correlación negativa con aversión al riesgo solo en mujeres. La exposición prenatal a T no mostró correlaciones significativas
Stenstrom et al. (2010)	413 sujetos (219 hombres y 204 mujeres) entre 17 y 44 años	T: 2D:4D y Rel2. Riesgo: escala likert de 5 ítems	La exposición prenatal a andrógenos correlaciona positivamente con riesgo financiero en hombres. Los resultados varían según la etnia de los participantes
Garbarino et al. (2010)	152 estudiantes (65 mujeres y 87 hombres)	T: 2D:4D Riesgo: Tarea financiera	2D:4D correlaciona negativamente con asunción de riesgo financiero
Trahms et al. (2010)	90 emprendedores (78 hombres y 12 mujeres)	T: 2D:4D. Riesgo: 6 ítems de la escala de riesgo del Jackson Personality Inventory.	Ninguna relación significativa entre 2D:4D y propensión al riesgo
Ronay y Von Hippel (2010)	Experimento 1: 59 estudiantes varones. Experimento 2: 65 estudiantes varones	T: 2D:4D Riesgo: Experimento 1: Balloon Analogue Risk Task (BART). Experimento 2: BART modificado	En condiciones de poder bajo, 2D:4D mostró una correlación positiva y significativa con asunción de riesgo. En condiciones de poder alto, 2D:4D mostró una correlación negativa y significativa con asunción de riesgo
Stanton et al. (2010)	154 estudiantes (78 hombres y 76 mujeres)	T: saliva. Riesgo: Iowa Gambling Task	T circulante correlaciona positivamente con asunción de riesgo financiero
Stanton et al. (2011)	298 sujetos (142 hombres y 156 mujeres) entre 18 y 48 años	T: saliva. Riesgo: tarea financiera	Sujetos con niveles intermedios de T muestran mayor aversión al riesgo
Brañas-Garza y Rustichini (2011)	189 sujetos (72 hombres y 117 mujeres)	T: 2D:4D. Aversión al riesgo: tarea de elección entre dos recompensas y tarea de Holt and Laury	En hombres, correlación negativa entre exposición prenatal a T y aversión al riesgo. En mujeres, correlación positiva pero no significativa
Schipper (2012)	208 sujetos (93 mujeres y 115 hombres)	T: saliva y 2D:4D. Riesgo: tarea de Holt y Laury	T correlacionada negativamente con aversión al riesgo. 2D:4D no mostró correlaciones significativas
Apicella et al. (2013)	108 hombres	T: saliva. Riesgo: tarea de inversión propia y tarea de Holt y Laury	Sujetos en el quintil con mayor T se mostraron neutrales al riesgo, mientras que los del quintil más bajo mostraron un 40% más de aversión al riesgo. Se sugiere una correlación negativa entre testosterona circulante y aversión al riesgo

Tabla 1 – (continuación)

Autores	Muestra	Metodología	Resultados
Evans y Hampson (2014)	61 hombres entre 18 y 22 años	T: saliva y 2D:4D. Riesgo: Jackson Personality Inventory-Revised (JPI-R) e Iowa Gambling Task (IGT)	T en saliva relacionada significativamente con riesgo en IGT pero no en JPI. Exposición prenatal relacionada positivamente con mayor riesgo en JPI pero no en IGT
Drichoutis & Nayga (2015)	138 estudiantes (92 mujeres y 46 hombres)	T: 2D:4D.t de Holt y Laury	2D:4D no mostró una relación significativa con la asunción de riesgos
Aycinena et al. (2014)	219 ladinos (125 hombres y 94 mujeres) con una media de edad de 21 años	T: 2D:4D. Riesgo: tarea similar a la de Holt y Laury	2D:4D no explica la asunción de riesgo en ladinos, independientemente del género o la mano medida
Nofsinger et al. (2015)	39 graduados de un curso de software financiero (12 mujeres y 27 hombres)	T: saliva. Riesgo: tres tareas de inversión financiera	Tres tareas financieras: dos de ellas correlacionan positivamente la T con mayor riesgo, la otra negativamente
Cueva et al. (2015)	36 hombres entre 18 y 30 años	T circulante: dos experimentos, en uno se midió t endógena y en el otro se administró t o placebo a los participantes. T prenatal: 2D:4D. Riesgo: tarea de inversión financiera propia en ambos experimentos	Niveles altos de testosterona aumentan las inversiones de alto riesgo. 2D:4D no mostró una relación significativa con la asunción de riesgos
Brañas-Garza et al. (2016)	543 estudiantes (412 mujeres y 131 hombres)	T: 2D:4D. Riesgo: tarea de elección de loterías	Se encontró una correlación negativa y significativa entre el 2D:4D de la mano derecha y las preferencias de riesgo. Ninguna correlación entre 2D:4D de la mano izquierda y preferencias de riesgo
T: testosterona.			

en hombres, mientras que en mujeres la relación entre estas variables fue positiva aunque no significativa. Además de la tarea de Holt y Laury, estos investigadores utilizaron conjuntamente una tarea de inversión financiera propia.

Finalmente, sugirieron que parte del efecto de la exposición a testosterona podría estar mediado por la capacidad de razonamiento, como indica el tratamiento estadístico de sus datos. Asimismo, el trabajo de Schipper (2012) mostró una correlación negativa entre testosterona salival y aversión al riesgo, pero ninguna correlación significativa entre el marcador 2D:4D y aversión al riesgo. Schipper argumenta que puede ser por las diferencias que se ha demostrado existen entre grupos étnicos (Manning, 2002, Manning et al., 2003, 2008), aunque se desconocen los motivos de dichas diferencias. Por su parte, Drichoutis y Nayga (2015) estudiaron la influencia de las hormonas sexuales femeninas (estradiol y progesterona) y la exposición prenatal a la testosterona sobre las preferencias de riesgo en conductas económicas. Centrándonos en la parte del estudio referente a la hormona masculina, se tomó como marcador de sus efectos la ratio 2D:4D de la mano derecha de los participantes. Los resultados no ofrecieron un efecto significativo de la influencia de la exposición prenatal a la testosterona sobre el riesgo económico. Por último, los resultados de Apicella et al. (2013) indicaron una relación negativa entre testosterona salival y aversión al riesgo, aunque dicha relación solo es significativa en los sujetos pertenecientes al quintil con mayor cantidad de testosterona circulante.

Aycinena, Baltaduonis y Rentschler (2014) utilizaron en su investigación una tarea similar a la de Holt y Laury para medir las preferencias de riesgo económico, así como la

medición del marcador 2D:4D para medir la exposición a testosterona prenatal. Su muestra está compuesta por 219 ladinos (125 hombres y 94 mujeres), que es un grupo étnico que comprende el 62,86% de la población de Guatemala. Sus resultados no mostraron ningún efecto significativo de la testosterona prenatal sobre la asunción de riesgos en conductas económicas, independientemente del género o la mano medida.

Asimismo, los trabajos de Stanton, Liening y Schultheiss (2010), Evans y Hampson (2014) y Van Honk et al. (2004), este último ya comentado, basaron su metodología en otra tarea ampliamente utilizada en la investigación relacionada con la toma de decisiones y el riesgo, la IGT. Stanton y sus colaboradores pasaron dicha tarea a una muestra de 154 estudiantes y les tomaron muestras de saliva, resultando su experimento en una correlación positiva entre testosterona circulante y asunción de riesgos. El estudio de Evans y Hampson (2014) contó con una muestra de 61 hombres a los que se midió la testosterona salival y la ratio 2D:4D y se administró la IGT y el JPI Revised. Los resultados obtenidos fueron poco consistentes: la testosterona circulante correlacionó positivamente con la asunción de riesgos según la IGT, pero no significativamente en el JPI. Por el contrario, la exposición prenatal a testosterona medida por el 2D:4D se relacionó significativamente con el JPI, pero no con la IGT. Así, los tres estudios que se han servido de la IGT para relacionar la asunción de riesgos con la testosterona circulante concluyen en resultados coherentes entre sí y que apoyan la hipótesis principal. Hay que advertir que en el estudio de Evans y Hampson se trata a la asunción de riesgos como una variable de mediación entre la testosterona y el

desempeño en la IGT, por lo que el efecto de la testosterona sobre el riesgo podría no ser tan determinante como sobre otras variables que pudiesen influir en la IGT, como la capacidad de aprendizaje o la sensibilidad a la recompensa o al castigo.

Otro estudio, el de [White, Thornhill y Hampson \(2006\)](#) también utilizó el JPI para relacionar el riesgo asumido con la testosterona salival. Específicamente, las hipótesis de esta investigación son las siguientes: (a) testosterona circulante está relacionada con propensión al riesgo y (b) hay una correlación positiva entre propensión al riesgo y la probabilidad de emprender. Los resultados confirmaron ambas hipótesis. Así apoyaron, al menos en hombres, la hipótesis de la revisión. En la misma línea, [Stenstrom, Saad, Nepomuceno y Mendenhall \(2010\)](#) utilizaron diez ítems tipo Likert de 5 puntos para evaluar la propensión al riesgo y relacionarla con los marcadores de exposición prenatal a testosterona 2D:4D y Rel2 (la longitud del dedo índice dividida entre la suma de la longitud de los dedos índice, corazón, anular, pulgar ( $2D/[2D + 3D + 4D + 5D]$ )). Se encontraron correlaciones significativamente negativas entre rel2 y riesgo financiero en el grupo de hombres blancos y entre 2D:4D y riesgo financiero en el subgrupo de todos los hombres sin tener en cuenta su grupo racial. Dado que hay diferencias entre las medidas de 2D:4D y Rel2 y diferencias según la raza o el género de la submuestra, podemos concluir que los resultados son un poco confusos, por lo que el trabajo de Stenstrom et al. debería ser apoyado con más datos empíricos que permitan contrastar sus resultados.

También [Trahms, Coombs y Barrick \(2010\)](#) se valieron de una escala de seis ítems basada en la escala de riesgo de la JPI para medir la asunción de riesgos, junto al marcador 2D:4D para medir el efecto de la exposición prenatal a la testosterona. Sus resultados no mostraron ninguna relación significativa entre 2D:4D y propensión al riesgo económico. A pesar de que los resultados obtenidos por dos de los tres estudios son consistentes, surge la duda de si un test tipo Likert o una escala de personalidad son la mejor manera de medir la asunción de riesgos en conductas económicas. En su lugar, quizás sería más adecuado utilizar pruebas de laboratorio que impliquen decisiones de inversión con recompensas reales, ya que reproducen con mayor fiabilidad las condiciones naturales.

Por otra parte, los trabajos de [Dreber y Hoffman \(2007\)](#) y [Apicella et al. \(2008\)](#) se basaron en la tarea de [Gneezy y Potters \(1997\)](#) para medir las preferencias de riesgo económico en muestras de 147 estudiantes (55 mujeres y 92 hombres) y 98 hombres, respectivamente. La primera investigación se centró en la exposición prenatal a testosterona midiendo la ratio 2D:4D, con la particularidad de que se midió en ambas manos, cuando el resto de estudios suelen limitarse a la mano derecha. Los resultados mostraron una relación significativa entre 2D:4D y aversión al riesgo en ambos géneros, pero solamente en la mano izquierda. El hecho de que los resultados difieran en función de la mano medida plantea la posibilidad de que la acción de la testosterona prenatal pueda variar en su efecto en ambas manos. Por su parte, [Apicella et al. \(2008\)](#) no obtuvieron resultados significativos en cuanto a efectos de la exposición prenatal, pero sí una relación positiva y significativa entre asunción de riesgo financiero y testosterona circulante. También se investigó la relación entre

masculinidad facial, considerado un marcador de la acción de la testosterona durante la pubertad, y asunción de riesgos. Se concluyó una relación significativa entre ambas variables. Aunque este último dato no es estrictamente pertinente al objetivo de esta revisión, constituye una prueba más de la influencia de la testosterona en las preferencias de riesgo económico.

Al contrario que la mayoría, [Garbarino, Slonim y Sydnor \(2010\)](#) y [Stanton et al. \(2011\)](#) prefirieron valerse de tareas ideadas por ellos mismos específicamente para sus investigaciones. Los primeros utilizaron una tarea consistente en tres decisiones financieras y la ratio 2D:4D. Sus resultados indicaron una relación significativa y negativa entre riesgo financiero y exposición a testosterona prenatal en una muestra aceptable en cuanto a tamaño y género.

En cuanto a [Stanton et al. \(2011\)](#), utilizaron muestras de saliva y tres tareas de inversión propias para medir la relación entre testosterona endógena y las preferencias económicas de los individuos, desglosada en preferencias de riesgo, preferencias de ambigüedad y aversión a las pérdidas. La muestra estaba compuesta por 298 hombres y mujeres. En lo referente a los resultados relacionados con preferencias de riesgo, Stanton et al. hallaron que estas no estaban significativamente relacionadas de forma lineal con la testosterona, pero sí de forma cuadrática o de U invertida. Es decir, los sujetos con niveles intermedios de testosterona circulante mostraron más aversión al riesgo que los sujetos en los extremos de la distribución, tomando estos más decisiones arriesgadas.

Esta forma de tratar la relación entre testosterona circulante y asunción de riesgos en conductas económicas es muy interesante, pero por desgracia no es muy frecuente. Por ejemplo, [Sanchez-Pages y Turiegano \(2010\)](#) encontraron este tipo de relación cóncava entre la ratio 2D:4D y cooperación en el juego del dilema del prisionero, y también [Brañas-Garza, Kovářík y Neyse \(2013\)](#) entre 2D:4D y altruismo. Además, dado que de la totalidad de los artículos competentes a esta revisión, el de [Stanton et al. \(2011\)](#) es el único que sugiere una relación cuadrática, se necesitan más datos que permitan continuar esta línea de investigación.

[Ronay y Von Hippel \(2010\)](#) también se valieron del marcador 2D:4D como medida de la exposición prenatal a testosterona y del Balloon Analogue Risk Task (BART, [Lejuez et al., 2002](#)) para la asunción de riesgos. Además añadieron una tercera variable como es el poder. Para ello situaron a los participantes en un contexto de bajo poder o de alto poder, pidiéndoles previamente a la realización de la tarea que recordasen una situación en la que se hayan sentido con poder sobre alguien, o sin poder. Los autores realizaron dos experimentos para esta investigación. En el primero se contó con 59 estudiantes hombres a los que se les situó en los contextos de poder alto o bajo, se midió la ratio 2D:4D y se les pidió realizar el BART. En el segundo se contó con 65 estudiantes hombres y se siguió el mismo procedimiento, con el añadido de un aparato que provocaba una situación molesta en los participantes. Esta variación se ideó como solución a una posible falta de «dureza» cuando se perdía en el BART. El primer experimento no ofreció resultados significativos, pero el segundo mostró que, en la situación de poder alto, un menor 2D:4D se correlacionó significativamente con un menor riesgo asumido, mientras que en la situación

de poder bajo un menor 2D:4D se correlacionó con un mayor riesgo asumido.

El trabajo de [Brañas-Garza, Galizzi y Nieboer \(2016\)](#) investiga la relación entre la ratio 2D:4D y las preferencias de riesgo económico en una muestra multiétnica de 543 estudiantes (412 mujeres y 131 hombres). Las preferencias de riesgo se analizaron mediante la tarea de [Binswanger \(1980\)](#), adaptada de [Eckel y Grossman \(2002\)](#). Los resultados obtenidos señalaron una correlación significativa y negativa entre 2D:4D y asunción de riesgos, aunque solo se dio esta asociación en la medición de la ratio en la mano derecha, puesto que en el de la mano izquierda los resultados no fueron significativos. Cabe señalar que no se encontró ninguna diferencia entre género o raza. Además, este trabajo cuenta con una revisión de estudios sobre 2D:4D y asunción de riesgos.

Por último, [Nofsinger, Patterson y Daigler \(2015\)](#) investigaron las relaciones entre testosterona, cortisol y asunción de riesgos mediante tres tareas que implican decisiones sobre inversiones financieras. Para ello, una muestra de 39 sujetos de ambos géneros utilizó una aplicación de simulación de trading financiero, además de pedirseles 2 muestras de saliva. La hipótesis de los investigadores es que los individuos con mayores niveles de testosterona conseguirían mejores resultados en las tareas de inversión. La primera tarea asoció negativamente el nivel de testosterona con el riesgo asumido, medido por el rendimiento económico esperado. La segunda tarea, más competitiva entre sujetos que la primera, muestra que un aumento en el riesgo asumido en comparación con la primera tarea se asocia con niveles altos de testosterona. En la tercera tarea, mayores niveles de testosterona están asociados con una elección de portafolios más arriesgada. Así, dos tareas asocian mayores niveles de testosterona circulante con una mayor asunción de riesgo, y una indica una relación negativa entre las variables. Estos resultados sugieren que la relación entre testosterona y riesgo económico es diferente según el tipo de tarea. No obstante, hay que tener en cuenta que, según los autores, entraron en juego variables no controladas, por ejemplo la competitividad entre sujetos.

## Discusión

Para poder responder a la pregunta que sirve de objetivo a la presente revisión bibliográfica, ¿cómo influye la testosterona en la asunción de riesgos en conductas económicas?, se expondrán primero las conclusiones extraídas de las investigaciones que se basan en la actuación de la testosterona circulante, para continuar con aquellas extraídas de las investigaciones centradas en los efectos de la exposición prenatal a dicha hormona. En los artículos cuya muestra la forman personas de un solo género, este no se ha tenido en cuenta, pero se indicarán los trabajos que cuenten con ambos géneros y muestren resultados diferentes para cada uno de ellos.

Cabe decir que existe otra revisión reciente sobre la misma temática que ocupa estas líneas. Se trata del trabajo de [Apicella, Carré y Dreber \(2015\)](#). Lo que la presente revisión trata de aportar es un mayor número de trabajos revisados y una actualización con las últimas publicaciones relevantes sobre el tema. Además, esta se trata de la única revisión

sistemática sobre la testosterona y la asunción de riesgos económicos escrita en español.

Así, una vez revisada toda la bibliografía disponible, se puede afirmar que la mayoría concuerda con que los niveles de testosterona circulante tienen una relación significativamente positiva con la asunción de riesgos en conductas económicas. Ocho de los 13 artículos revisados que tratan estas dos variables muestran resultados claramente a favor de los efectos de la testosterona circulante, solo uno muestra resultados no significativos y ninguno sugiere una relación negativa entre ambas variables. Los cuatro artículos restantes indican resultados ambiguos o contradictorios. Por una parte, el estudio de [Sapienza et al. \(2009\)](#) mostró una correlación negativa entre testosterona en saliva y aversión al riesgo en mujeres pero no en hombres. [Evans y Hampson \(2014\)](#) obtuvieron resultados significativos en una de las medidas de riesgo financiero (IGT) pero no en la otra (JPI). También, los resultados de [Stanton et al. \(2011\)](#) mostraron que los niveles intermedios de testosterona están más relacionados con la aversión al riesgo que los de los extremos de la distribución, por lo que estos autores sugirieron que la relación entre testosterona y asunción de riesgos económicos no es lineal sino cuadrática. Este tipo de relación también se sugiere en el trabajo de [Garbarino et al. \(2010\)](#), aunque de forma mucho más discreta. Por último, el estudio de [Nofsinger et al. \(2015\)](#) cuenta con tres experimentos, dos de los cuales muestran resultados significativos a favor de una relación positiva entre testosterona y asunción de riesgos, mientras que el restante muestra una relación significativamente negativa entre ambas variables, lo que llevó a los autores a plantearse que en cada tipo de tarea entran en juego diferentes variables que no pueden controlarse, por lo que la relación entre testosterona y asunción de riesgo es diferente para cada tarea.

En cuanto a los efectos de la exposición prenatal a testosterona en la asunción de riesgos en conductas económicas, los resultados son más dispares. Solo dos de los 15 trabajos que estudian esta relación afirman que existe una relación significativa y positiva, otros siete no obtuvieron resultados significativos, y los seis restantes ofrecen resultados poco claros. El mismo estudio de [Evans y Hampson \(2014\)](#) comentado anteriormente relaciona significativamente una mayor exposición prenatal a testosterona con una mayor asunción de riesgos según el JPI, pero no con la otra medida de riesgo económico, la IGT. Los trabajos de [Brañas-Garza y Rustichini \(2011\)](#) y [Stenstrom et al. \(2010\)](#) muestran una relación positiva y significativa entre testosterona y asunción de riesgos solo en la submuestra de hombres.

Además, los resultados de la investigación de [Stenstrom et al.](#) varían si se trata de una submuestra de hombres blancos o de todas las etnias. Como se ha demostrado, existen diferencias en la ratio digital entre distintos grupos étnicos ([Manning et al., 2002, 2003, 2008](#)), aunque se desconocen los motivos de dichas diferencias. Por estas razones, se sugiere que en los estudios que se realicen los próximos años se tengan en cuenta diferentes etnias en las muestras, ya que hasta el momento de la publicación del artículo la totalidad de los estudios relacionados de los que se tiene constancia se han servido de muestras de personas de raza caucásica. Por otra parte, el trabajo de [Ronay y Von Hippel \(2010\)](#) ofrece resultados opuestos según la situación de poder previamente contextualizada:



en situación de poder alto, la ratio digital correlacionó positivamente con la asunción de riesgos, mientras que en situación de poder bajo se obtuvo una correlación negativa. Por último, el trabajo de Dreber y Hoffman (2007) indica una correlación positiva y significativa entre la exposición prenatal a testosterona (ratio menor) y la asunción de riesgos económicos solo cuando el marcador 2D:4D se mide en la mano izquierda. Por el contrario, los resultados obtenidos por Brañas-Garza et al. (2016) muestran la misma correlación positiva y significativa pero solamente cuando la ratio se mide en la mano derecha, por lo que surge la duda de si dicho marcador difiere entre manos o si esta medida ofrece resultados contradictorios.

Del total de 28 experimentos llevados a cabo en los trabajos revisados, solamente tres administran testosterona para medir sus efectos (Cueva et al., 2015; Zethraeus et al., 2009; Van Honk et al., 2004); es decir, solamente estos tres experimentos tratan de establecer una relación causal entre los niveles de testosterona y la asunción de riesgos. Los trabajos de Cueva et al. (2015) y Van Honk et al. (2004) establecieron un efecto causal entre el nivel de testosterona circulante y la asunción de riesgos económicos, no así el trabajo de Zethraeus et al. (2009). El resto de investigaciones se limita a establecer correlaciones entre las dos variables que definen el tema de la presente revisión.

En conclusión, la bibliografía disponible actualmente indica que los efectos activacionales de la testosterona circulante parecen estar claramente relacionados con una mayor asunción de riesgos en conductas económicas. Sin embargo, los efectos organizacionales de la exposición prenatal a la testosterona ofrecen resultados ambiguos, por lo que son necesarias más investigaciones que ayuden a esclarecer dicha relación.

A priori podría parecer que la temática tratada en esta revisión bibliográfica no tiene muchas aplicaciones prácticas, pero si se consigue esclarecer los mecanismos de influencia de la testosterona en la asunción de riesgos, el siguiente paso sería ampliar la relación hacia otras variables que, a su vez, puedan utilizarse para predecir la estabilidad de los mercados financieros (Cueva et al., 2015), el rendimiento a largo plazo de los traders (Coates et al., 2008), el de otros profesionales de las finanzas, o incluso podría considerarse como un factor más a tener en cuenta en la elaboración de perfiles o la asignación de puestos en el ámbito de los recursos humanos, por ejemplo.

Por otra parte, cabe sugerir que el próximo paso en la investigación de la temática debería ser averiguar la forma en la que la testosterona influye en la asunción de riesgos: si lo hace de forma directa o a través de mediadores como motivación, capacidad de razonamiento (Van Honk et al., 2004), sensibilidad al castigo y a la recompensa (Bechara, Damasio, Damasio & Lee, 1999; Bechara, 2003), etc.; en qué se parecen y se diferencian los mecanismos de actuación de la testosterona entre hombres y mujeres y entre los distintos grupos étnicos; el papel de la testosterona en regiones corticales relacionadas con el autocontrol (Stanton et al., 2010), o el del efecto ganador o la hipótesis del desafío. También habría que plantearse la mejor manera de medir la exposición prenatal a testosterona, ya que el uso de marcadores digitales como el 2D:4D o el Rel2 parece producir resultados muy variables y discrepantes entre sí. Evans y Hampson (2014) sugieren el uso de amniocentesis

para medir la exposición prenatal en el futuro. Además, debería tenerse más en cuenta la interacción entre testosterona y cortisol aplicada a la asunción de riesgos en conductas biológicas, ya que es de sobra conocida la relación entre ambas hormonas.

Para finalizar, el estado general de la investigación actualmente parece poco encauzado, siendo necesario determinar con mayor claridad los mecanismos de funcionamiento y mediación de la testosterona y la asunción de riesgos, así como una metodología mejor diseñada que permita unificar la forma de investigar esta temática.

## REFERENCIAS

- Andrew, R. & Rogers, L. (1972). Testosterone, search behavior and persistence. *Nature*, 237, 343–346.  
<http://dx.doi.org/10.1038/237343a0>
- Apicella, C., Carré, J. M. & Dreber, A. (2015). Testosterone and economic risk taking: a review. *Adaptive Human Behavior and Physiology*, 1(3), 358–385.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s40750-014-0020-2>
- Apicella, C., Dreber, A., Campbell, B., Gray, P., Hoffman, M. & Little, A. (2008). Testosterone and financial risk preferences. *Evolution and Human Behavior*, 29, 384–390.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2008.07.001>
- Apicella, C., Dreber, A. & Mollerstrom, J. (2013). Salivary testosterone change following monetary wins and losses predicts future financial risk-taking. *Psychoneuroendocrinology*, 39, 58–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psyneuen.2013.09.025>
- Armedo, M. T., Salvador, A., Martinez-Sanchis, S. & Gonzalez-Bono, E. (2000). Rewarding properties of testosterone in intact male mice: a pilot study. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 65(2), 327–332.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0091-3057\(99\)00189-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0091-3057(99)00189-6)
- Austin, E. J., Manning, J. T., McNroy, K. & Mathews, E. (2002). A preliminary investigation of the association between personality, cognitive ability and digit ratio. *Personality and Individual Differences*, 33, 1115.  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0191-8869\(02\)00002-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0191-8869(02)00002-8)
- Aycinena, D., Baltaduonis, R. & Rentschler, L. (2014). Risk preferences and prenatal exposure to sex hormones for ladinos. *PloS one*, 9(8), e103332.  
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0103332>
- Bailey, A. A. & Hurd, P. L. (2005). Finger length ratio (2D:4D) correlates with physical aggression in men but not in women. *Biological Psychology*, 68(3), 215–222.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.05.001>
- Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H. & Anderson, S. W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to the human prefrontal cortex. *Cognition*, 50, 7–15.  
[http://dx.doi.org/10.1016/0010-0277\(94\)90018-3](http://dx.doi.org/10.1016/0010-0277(94)90018-3)
- Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R. & Lee, G. P. (1999). Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *Journal of Neuroscience*, 19, 5473–5481.
- Bechara, A. (2003). Risky business: emotion, decision-making, and addiction. *Journal of Gambling Studies*, 19, 23–51.  
<http://dx.doi.org/10.1023/A:1021223113233>
- Binswanger, H. P. (1980). Attitudes toward risk: experimental measurement in rural India. *American Journal of Agricultural Economics*, 62, 395–407. <http://dx.doi.org/10.2307/1240194>
- Boissy, A. & Bouissou, M. (1994). Effects of androgen treatment on behavioural and physiological responses of heifers to fear-eliciting situations. *Hormones and Behavior*, 28, 66–83.  
<http://dx.doi.org/10.1006/hbeh.1994.1006>

- Booth, A., Johnson, D. & Granger, D. (1999). Testosterone and men's health. *Journal of Behavioral Medicine*, 22, 1–19. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1018705001117>
- Bosch-Rosa, C., Meissner, T., & Bosch-Domènech, A. (2015). Cognitive Bubbles. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2553230> [cited Mar 2017]. Available from: <http://ssrn.com/abstract=2553230>.
- Brañas-Garza, P., Guillen, P. & López del Paso, R. (2008). Math skills and risk attitudes. *Economics Letters*, 92, 332–336. <http://dx.doi.org/10.1016/j.econlet.2007.08.008>
- Brañas-Garza, P. & Rustichini, A. (2011). Organizing effects of testosterone and economic behavior: Not just risk taking. *PLOS ONE*, 6 <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0029842>
- Brañas-Garza, P., Kovářík, J. & Neyse, L. (2013). Second-to-fourth digit ratio has a non-monotonic impact on altruism. *PLoS ONE*, 8(4), e60419. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0060419>
- Brañas-Garza, P., Galizzi, M. M. & Nieboer, J. (2016). *Digit ratio and risk taking: Evidence from a large, multi-ethnic sample. Working Papers*. Chapman University: Economic Science Institute.
- Bröder, A. & Hohmann, N. (2003). Variations in risk taking behavior over the menstrual cycle: An improved replication. *Evolution and Human Behavior*, 24, 391–398. [http://dx.doi.org/10.1016/S1090-5138\(03\)00055-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1090-5138(03)00055-2)
- Brown, W., Hines, M., Fane, B. & Breedlove, M. (2002). Masculinized finger length patterns in human males and females with congenital adrenal hyperplasia. *Hormones and Behavior*, 42, 380–386. <http://dx.doi.org/10.1006/hbeh.2002.1830>
- Campbell, B. C., Dreber, A., Apicella, C. L., Eisenberg, D. T. A., Gray, P. B., Little, A. C., ... & Lum, J. K. (2010). Testosterone exposure, dopaminergic reward, and sensation-seeking in young men. *Physiology & Behavior*, 99, 451–456. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2009.12.011>
- Carré, J. M., Campbell, J. A., Lozoya, E., Goetz, S. M. & Welker, K. M. (2013). Changes in testosterone mediate the effect of winning on subsequent aggressive behavior. *Psychoneuroendocrinology*, 38, 2034–2041. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psyneuen.2013.03.008>
- Chavanne, T. J. & Gallup, G. G. (1998). Variation in risk taking behavior among female college students as a function of the menstrual cycle. *Evolution and Human Behavior*, 19, 27–32. [http://dx.doi.org/10.1016/S1090-5138\(98\)00016-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1090-5138(98)00016-6)
- Coates, J. M. & Herbert, J. (2007). Endogenous steroids and financial risk taking on a London trading floor. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 6167–6172. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0704025105>
- Coates, J., Gurnell, M. & Rustichini, A. (2008). Second-to-fourth digit ratio predicts success among high-frequency financial traders. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 623–628. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0810907106>
- Cueva, C., Roberts, R. E., Spencer, T., Rani, N., Tempest, M., Tobler, P., ... & Rustichini, A. (2015). Cortisol and testosterone increase financial risk taking and may destabilize markets. *Scientific Reports*, 5, 11206. <http://dx.doi.org/10.1038/srep11206>
- Dabbs, J. M., Jr. (1997). Testosterone, smiling, and facial appearance. *Journal of Nonverbal Communications*, 21, 45–55. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1024947801843>
- Dreber, A. & Hoffman, M. (2007). *Portfolio selection in utero. Working paper, Stockholm School of Economics*.
- Drichoutis, A. C. & Nayga, R. M. (2015). Do risk and time preferences have biological roots? *Southern Economic Journal*, 82(1), 235–256. <http://dx.doi.org/10.4284/0038-4038-2013.246>
- Eckel, C. C. & Grossman, P. J. (2002). Sex differences and statistical stereotyping in attitudes toward financial risk. *Evolution and Human Behavior*, 23(4), 281–295. [http://dx.doi.org/10.1016/S1090-5138\(02\)00097-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1090-5138(02)00097-1)
- Evans, K. & Hampson, E. (2014). Does risk-taking mediate the relationship between testosterone and decision-making on the Iowa Gambling Task? *Personality and Individual Differences*, 57–62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2014.01.011>, 61–62
- Fusani, L., Beani, L., Lupo, C. & Dessi-Fulgheri, F. (1997). Sexually selected vigilance behaviour of the grey partridge is affected by plasma androgen levels. *Animal Behaviour*, 54(4), 1013–1018.
- Garbarino, E., Slonim, R. & Sydnor, J. (2010). Digit ratios (2D:4D) as predictors of risky decision making for both sexes. *Journal of Risk and Uncertainty*, 42, 1–26. <http://dx.doi.org/10.1007/s11166-010-9109-6>
- Gimbel, C. & Booth, A. (1996). Who fought in Vietnam? *Social Forces*, 74(4), 1137–1157. <http://dx.doi.org/10.2307/2580346>
- Gneezy, U. & Potters, J. (1997). An experiment on risk taking and evaluation periods. *Quarterly Journal of Economics*, 112(2), 631–645.
- Grant, V. J. & France, J. T. (2001). Dominance and testosterone in women. *Biological Psychology*, 58, 41–47. [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-0511\(01\)00100-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-0511(01)00100-4)
- Holt, C. A. & Laury, S. K. (2002). Risk aversion and incentive effects in lottery choices. *American Economic Review*, 92(5), 1644–1655. <http://dx.doi.org/10.2307/3083270>
- Jackson, D. N. (1994). *Jackson personality inventory, revised: Manual. Sigma Assessment Systems: Incorporated*.
- Knickmeyer, R., Baron-Cohen, S., Raggatt, P., Taylor, K. & Hackett, G. (2006). Fetal testosterone and empathy. *Hormones and Behavior*, 49, 282–292. <http://dx.doi.org/10.1016/j.yhbeh.2005.08.010>
- Lejuez, C. W., Read, J. P., Kahler, C. W., Richards, J. B., Ramsey, S. E., Stuart, G. L., ... & Brown, R. A. (2002). Evaluation of a behavioral measure of risk taking: The balloon analogue risk task (BART). *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8, 75–84. <http://dx.doi.org/10.1037/1076-898X.8.2.75>
- Manning, J. T. (2002). *Digit ratio: a pointer to fertility, behavior and health*. New Jersey, NJ: Rutgers University Press.
- Manning, J. T., Bundred, P., Newton, D. & Flanagan, B. (2003). The 2nd to 4th digit ratio and variation in the androgen receptor gene. *Evolution and Human Behavior*, 24, 399–405. [http://dx.doi.org/10.1016/S1090-5138\(03\)00052-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1090-5138(03)00052-7)
- Manning, J. T. & Hill, M. R. (2008). Digit ratio (2D:4D) and sprinting speed in boys. *American Journal of Human Biology*, 21(2), 210–213. <http://dx.doi.org/10.1002/ajhb.20855>
- Manning, J. T. & Taylor, R. P. (2001). Second to fourth digit ratio and male ability in sport: implications for sexual selection in humans. *Evolution and Human Behavior*, 22, 61–69. [http://dx.doi.org/10.1016/S1090-5138\(00\)00063-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1090-5138(00)00063-5)
- Neave, N., Laing, S., Fink, B. & Manning, J. T. (2003). Second to fourth digit ratio, testosterone and perceived male dominance. *Proceedings of the Royal Society B*, 270, 2087–2096. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2003.2502>
- Nofsinger, J. R., Patterson, F. M. & Daigler, R. T. (2015). *Decision making, financial risk aversion and behavioral biases: The role of testosterone and stress Trabajo presentado en la World Finance Conference, World Finance & Banking Symposium. Argentina: Buenos Aires*. DOI:10.1.1.711.8205.
- Okten, A., Kalyoncu, M. & Yaris, N. (2002). The ratio of second- and fourth-digit lengths and congenital adrenal hyperplasia due to 21-hydroxylase deficiency. *Early Human Development*, 70, 47–54. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-3782\(02\)00073-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-3782(02)00073-7)
- Reavis, R. & Overman, W. H. (2001). Adult sex differences on a decision-making task previously shown to depend on the orbital prefrontal cortex. *Behavioral Neuroscience*, 115, 196–206. <http://dx.doi.org/10.1037/0735-7044.115.1.196>
- Ribeiro, E., Neave, N., Nogueiro-Morais, R., Kilduff, L., Taylor, S. R., Butovskaya, M., ... & Manning, J. T. (2016). Digit ratio (2D:4D), testosterone, cortisol, aggression, personality and hand-grip strength: Evidence for prenatal effects on strength. *Early Human Development*, 100, 21–25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2016.04.003>

- Ronay, R. & von Hippel, W. (2010). Power, testosterone, and risk-taking. *Journal of Behavioral Decision Making*, 23(5), 473–482. <http://dx.doi.org/10.1002/bdm.671>
- Rowe, R., Maughan, B., Worthman, C. M., Costello, E. J. & Angold, A. (2004). Testosterone, antisocial behavior, and social dominance in boys: Pubertal development and biosocial interaction. *Biological Psychiatry*, 55, 546–552. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopsych.2003.10.010>
- Sanchez-Pages, S. & Turiegano, E. (2010). Testosterone, facial symmetry and cooperation in the Prisoners' Dilemma. *Physiology & Behavior*, 99, 355–361. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2009.11.013>
- Sapienza, P., Zingales, L. & Maestripieri, D. (2009). Gender differences in financial risk aversion and career choices are affected by testosterone. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 15268–15273. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0907352106>
- Schaal, B., Tremblay, R. E., Soussignan, R. & Susman, E. J. (1996). Male testosterone linked to high social dominance but low physical aggression in early adolescence. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 35, 1322–1330. <http://dx.doi.org/10.1097/00004583-199610000-00019>
- Schipper, B. (2012). *Sex hormones under risk. Working paper*. Davis: University of Carolina.
- Stanton, S., Liening, S. & Schultheiss, O. (2010). Testosterone is positively associated with risk taking in the Iowa Gambling Task. *Hormones and Behavior*, 59, 252–256. <http://dx.doi.org/10.1016/j.yhbeh.2010.12.003>
- Stanton, S., Mullette-Gillman, O., McLaurin, R. E., Kuhn, C., LaBar, K., Platt, M., ... & Huettel, S. (2011). Low- and high-testosterone individuals exhibit decreased aversion to economic risk. *Psychological Science*, 22, 447–453. <http://dx.doi.org/10.1177/0956797611401752>
- Stenstrom, E., Saad, G., Nepomuceno, M. & Mendenhall, Z. (2010). Testosterone and domain-specific risk: Digit ratios (2D:4D and rel2) as predictors of recreational, financial, and social risk-taking behaviors. *Personality and Individual Differences*, 51, 412–416. <http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2010.07.003>
- Trahms, C. A., Combs, J. E. & Barrick, M. (2010). Does biology matter? How prenatal testosterone, entrepreneur risk propensity, and entrepreneur risk perceptions influence venture performance. *Frontiers of Entrepreneurship Research*, 30, article 4.
- Turanovic, J. J., Pratt, T. C. & Piquero, A. R. (2017). Exposure to fetal testosterone, aggression, and violent behavior: A meta-analysis of the 2D:4D digit ratio. *Aggression and Violent Behavior*, 33, 51–61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.avb.2017.01.008>
- Van Honk, J., Schutter, D., Hermans, E., Putman, P., Tuiten, A. & Koppeschaar, H. (2004). Testosterone shifts the balance between sensitivity for punishment and reward in healthy young women. *Psychoneuroendocrinology*, 29, 937–943. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psyneuen.2003.08.007>
- Vermeersch, H., T'Sjoen, G., Kaufman, J. M. & Vincke, J. (2008). The role of testosterone in aggressive and non-aggressive risk-taking in adolescent boys. *Hormones and Behavior*, 53, 463–471. <http://dx.doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.11.021>
- White, R., Thornhill, S. & Hampson, E. (2006). Entrepreneurs and evolutionary biology: The relationship between testosterone and new venture creation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 100, 21–26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.obhdp.2005.11.001>
- Zethraeus, N., Kocoska-Maras, L., Ellingsen, T., Schoultz, B., Hirschberg, A. L. & Johannesson, M. (2009). A randomized trial of the effect of estrogen and testosterone on economic behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 6535–6538. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0812757106>