

# **Estimación de la aversión al riesgo implícita en los precios de mercado de diferentes activos financieros de Argentina**

## **1. Introducción**

El objetivo del artículo es determinar el grado de aversión al riesgo que se encuentra implícito en el precio de mercado de diferentes activos financieros de la Argentina, entre ellos el dólar estadounidense, la tasa de política monetaria y las veinte acciones líderes que constituyen el índice S&P Merval. El período considerado en este estudio abarca desde enero de 2016 hasta diciembre de 2018.

Para estimar el valor del nivel de aversión al riesgo se aplica el concepto de equivalente de certeza, partiendo de la volatilidad implícita en los rendimientos de los activos y modelando el comportamiento frente al riesgo de los individuos a partir de la función de utilidad con aversión al riesgo relativa constante (CRRA).

Se espera que los resultados del trabajo permitan comprender la conducta frente al riesgo de los agentes económicos argentinos, debido a que esto afecta las decisiones de inversión que toman y a la estructura y tipos de activos que demandan (Conine, McDonald y Tamarkin, 2017). De esta manera, se intenta contribuir al desarrollo de políticas públicas que favorezcan el diseño de instrumentos financieros específicos, que se encuentren adaptados al comportamiento que revelan los inversores argentinos. Esto no solo permitiría potenciar el desarrollo del mercado financiero local, sino que también podría colaborar con la transferencia de recursos monetarios hacia los sectores demandantes de fondos interesados en invertir en el sistema productivo.

Adicionalmente, se espera contribuir al desarrollo de un modelo de valuación de activos que se base en el uso de una función de utilidad, que contenga las preferencias de los agentes, permitiendo reemplazar el clásico modelo de riesgo-rendimiento de Markowitz (1952), ya que en ocasiones se torna difícil contar con datos para estas estimaciones en países con mercados de capitales reducidos, como Argentina. Además, hay que considerar que en el mercado argentino no existen las mismas posibilidades de diversificación que en países más desarrollados, lo que atenta contra un supuesto significativo de la teoría de la cartera y hace que los agentes tengan un nivel de compromiso mayor con los activos en los que invierten, incrementando la importancia de conocer el grado de aversión al riesgo de los mencionados agentes.

Por otro lado, determinar la aversión al riesgo implícita en diferentes variables económicas se encuentra relacionado con conocer las expectativas de los individuos, lo que cobra fundamental importancia a la hora de analizar la economía de un país. Las expectativas de mercado sobre variables financieras pueden influir en las decisiones de política macroeconómica y también en la toma de decisiones de empresas e instituciones financieras (Fajardo, Ornelas, & de Farias, 2012). Asimismo, existe evidencia empírica de que monitorear la aversión al riesgo agregada sirve para predecir crisis económicas (Coudert & Gex, 2008).

Finalmente, es frecuente que los modelos económicos y financieros asuman comportamientos de neutralidad al riesgo o que supongan aversión al riesgo a partir de una función de utilidad logarítmica (Conine, McDonald y Tamarkin, 2017; Layrad, Mayrez y Nickell, 2008; Gándelman y Hernández-Murillo, 2014), por lo que resulta importante revisar si esos supuestos son los adecuados.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: la sección 2 presenta un marco teórico conceptual y empírico; la tercera sección describe la metodología desarrollada y las series de tiempo utilizadas; en la sección 4 se exponen los resultados obtenidos; y

por último, en la sección 5 se comentan las conclusiones y futuras líneas de investigación.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Modelos conceptuales

Las preferencias frente al riesgo fueron incluidas por primera vez en un modelo de toma de decisiones por Bernoulli (1738). Este autor plantea que se decide en función de la utilidad en lugar del valor esperado o del precio, y propone una función de utilidad logarítmica, con utilidad marginal decreciente, que implícitamente refleja aversión al riesgo.

Luego, en base a la propuesta anterior, von Neumann y Morgenstern (1944) desarrollan la Teoría de la Utilidad Esperada (TUE), según la cual establecen el cálculo de la utilidad esperada de un conjunto de alternativas de elección que se plantean bajo la forma de loterías. Asimismo, se desarrolla el concepto de equivalente cierto, que se define como el valor monetario cierto que aporta la misma utilidad al agente que la que brinda el resultado de jugar una lotería con un resultado incierto.

Teniendo en cuenta lo anterior, es posible definir tres comportamientos frente al riesgo, comparando el valor esperado de una lotería con su equivalente de certeza. En este sentido, para un mismo nivel de utilidad, el agente será: (1) adverso al riesgo, si el valor esperado es mayor al equivalente de certeza; (2) neutral al riesgo, si ambos valores son iguales; y (3) amante o propenso al riesgo cuando el equivalente de certeza es mayor al valor esperado. A partir de esto, se deriva que la función de utilidad es cóncava si el individuo es adverso al riesgo, lineal si es neutral y convexa si es propenso al riesgo, con una prima por riesgo positiva, nula y negativa, respectivamente

Posteriormente, han surgido innumerables críticas a los supuestos en los que se basa la TUE, dando lugar al desarrollo de diferentes funciones de utilidad, cuyo objetivo común es arribar a una forma funcional simple y flexible, que permita representar una variedad de preferencias frente al riesgo. Para ello, los dos supuestos básicos subyacentes consisten en que: (a) los sujetos prefieren más riqueza a menos, por lo que la función de utilidad debe ser creciente respecto de la riqueza; y (b) los individuos son adversos al riesgo, lo que se encuentra demostrado en la literatura académica y se refleja en la concavidad de la función.

Además, es deseable que la función de utilidad presente aversión al riesgo absoluta decreciente (DARA) frente a incrementos en la riqueza, basándose en el supuesto de que a medida que la riqueza de un individuo aumenta, su aversión al riesgo decrece. También se espera que la función exhiba aversión al riesgo relativa constante (CRRA), lo que indica que las decisiones óptimas no varían ante cambios en la escala de la riqueza (Saha, Shumway y Talpaz 1994).

De acuerdo con Chavez, Milanesi y Pesce (2016), entre las funciones que han sido desarrolladas se destacan la función de utilidad con aversión al riesgo absoluta constante (CARA), la función con aversión al riesgo relativa constante (CRRA), la función con aversión al riesgo absoluta hiperbólica (HARA), la función Expo-Power (EP), la función de aversión al riesgo de potencia (PRA) y la función de tres parámetros flexibles (FTP).

De las mencionadas anteriormente, la función isoelástica o CRRA es la que cumple con las condiciones deseadas y es la más utilizada en los estudios empíricos. La función CRRA, por las siglas de la expresión *Constant Relative Risk Aversion*, viene representada con la forma funcional de la Ecuación 2.

$$U(W) = \begin{cases} \frac{W^{(1-\gamma)}}{1-\gamma} \rightarrow \gamma > 0; \gamma \neq 1 \\ \text{Log}(W) \rightarrow \gamma = 1 \end{cases} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde  $\gamma$  es el nivel de aversión al riesgo y  $W$  el nivel de riqueza considerado. Cuando  $\gamma = 1$ , la utilidad queda definida por una función logarítmica:  $U(W) = \log(W)$ .

Por su parte, las medidas de aversión al riesgo, vienen dadas por el coeficiente de aversión absoluta al riesgo y el coeficiente de aversión relativa al riesgo, desarrollados por Arrow (1965, 1971) y Pratt (1964).

Para determinar el nivel de aversión absoluta al riesgo de una función de utilidad, se realiza el ratio entre la segunda y la primera derivada de la mencionada función respecto de la riqueza, como se observa en la Ecuación 3.

$$A(W) = \frac{U''(W)}{U'(W)} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde,  $U'(W)$  representa la primera derivada de la función de utilidad y  $U''(W)$  es la segunda derivada de la misma función.  $A(W)$  mide la tasa a la cual decrece la utilidad marginal cuando la riqueza aumenta en una unidad.

Por otro lado, en la Ecuación 4 se presenta la expresión que permite calcular la medida del nivel de aversión al riesgo relativa.

$$R(W) = -W \frac{U''(W)}{U'(W)} \quad \text{Ecuación 3}$$

Siendo  $W$  la riqueza,  $U'(W)$  la primera derivada de la función de utilidad y  $U''(W)$  la segunda derivada.  $R(W)$  mide la tasa a la cual decrece la utilidad marginal cuando la riqueza aumenta en un 1%.

## 2.2. Evidencia empírica

En esta sección se comentan los principales resultados de la revisión sistemática de la literatura realizada para el presente trabajo. La búsqueda se lleva a cabo en las bases de datos Web of Science, Scopus y Google Scholar. Se emplea el término "Implied Risk Aversión" y similares, y también se busca "Risk Aversion" combinado con "Financial Assets", "Stocks", "Dollar", "Exchange Rate", "Monetary Policy Rate", "Estimation" y sinónimos. Se llega a un total de 641 trabajos, de los que se analiza el contenido de los resúmenes y se excluye los repetidos.

Entre los trabajos más relevantes, se encuentra el de Fajardo, Ornelas y de Farias (2012), en el que se estima el coeficiente CRRA en la distribución del tipo de cambio real/dólar estadounidense. Para ello se utilizan datos de opciones sobre tipo de cambio real/dólar para el período 1999-2011 y se asume una función de utilidad de potencia, obteniendo un valor medio del coeficiente de aversión al riesgo alrededor de 2,7. Una de las conclusiones destacadas en el trabajo es que cuando se incorpora el parámetro de aversión al riesgo (RRA), las predicciones del tipo de cambio mejoran sustancialmente.

Luego, en 2017, Conine, McDonald y Tamarkin estiman el coeficiente de aversión relativa al riesgo empleando los rendimientos del mercado accionario estadounidense para el período 1926-2014. Desarrollan un modelo de tres factores, basado en retornos de mercado, la tasa de interés libre de riesgo y la asimetría en el retorno de activos, obteniendo valores entre 0,63 y 4,40 con un valor medio de 2.

Explican que el gran rango existente entre las estimaciones de CRRA a lo largo del tiempo se puede explicar por el contexto del período de tiempo y zona geográfica considerada, además de la posible existencia de sesgos.

Posteriormente, un estudio realizado por el Banco Central de Chile (Álvarez, Fernandois y Sagner, 2018) utiliza indicadores de volatilidad implícita y realizada para determinar el nivel de aversión al riesgo contenido en índices bursátiles, rendimientos de bonos soberanos y tipos de cambio de diferentes países, tanto desarrollados como emergentes, suponiendo un comportamiento frente al riesgo dado por la función CRRA. Este trabajo se realiza para el período comprendido entre enero de 1990 y octubre de 2017 y reporta una caída generalizada en los niveles de aversión al riesgo de los inversionistas desde la última crisis financiera global. Además, los resultados muestran que la aversión al riesgo tiende a ser elevada durante períodos de inestabilidad financiera, mientras que esas etapas suelen ser precedidas por contextos de baja aversión al riesgo.

Además, se destaca el trabajo de Milanesi (2018), que realiza una valoración de activos considerando el comportamiento frente al riesgo implícito en la función CRRA, prescindiendo del supuesto clásico de neutralidad al riesgo de los sujetos. Específicamente, se trata de la valoración de un proyecto de I&D en mercados incompletos bajo el enfoque de opciones reales, en la que se emplea el modelo binomial y se deriva una ecuación de equivalente de certeza incluyendo los elementos de la CRRA para su cálculo.

Asimismo, es dable mencionar que existen otros estudios que estudian la aversión al riesgo implícita en diferentes tipos de datos, tales como el precio de opciones sobre acciones (Bartunek, y Chowdhury, 1997; Bedoui y Hamdi, 2015), la elección de portafolios de hogares estadounidenses (Buccioli y Miniaci, 2011) y el S&P500 (Fabozzi, Leccadito y Tunaru, 2014).

Finalmente, la Tabla 1 muestra los resultados obtenidos en los trabajos encontrados que estiman el coeficiente CRRA. Tal como se puede observar, el rango de valores es muy variable, lo que se debe en parte a que no existe un único método generalmente aceptado para estimar dicho coeficiente. También se podría explicar por la diferencia en los períodos de tiempo estudiados y zonas geográficas consideradas.

*Tabla 1 – Estimaciones del coeficiente de aversión al riesgo relativa constante*

<b>Artículo</b>	<b>CRRA estimado</b>
Pareja Vasseur y Baena (2018)	Bogotá: 0,56 Medellín: 0,68
Conine, McDonald y Tamarkin (2017)	0,63 - 4,40
Brzezinski (2015)	2 - 4
Gándelman y Hernández-Murillo (2015)	0,98
Azar y Karaguezian-Haddad (2014)	3,02 - 0,47
Fabozzi, Leccadito y Tunaru (2014)	-0,98 - 3,15
Cook, Chatterjee, Sur y Whittington (2013)	0,53
Harrison, Lau, Rutstrom y Tarazona-Gomez (2013)	0,59
Ahmed, Haider e Iqbal (2012)	0,57
Bombardini y Trebbi (2012)	0 - 1
Fajardo, Ornelas y de Farias (2012)	2,7
Kim y Lee (2012)	0,60 - 0,80
Abdellaoui, Driouchi y L'Haridon (2011)	0,913, 0,721 y 0,830

Harrison, Humphrey y Verschoor (2009)	0,54
Harrison, Lau y Rutstrom (2007)	0,67

Fuente: Elaboración propia.

### 3. Metodología

#### 3.1. Procedimiento

Tal como se comenta en la sección anterior, de la revisión sistemática de la literatura se desprende que no existe una forma generalmente aceptada de estimar CCRA, es por ello que en el presente trabajo se propone un nuevo modelo.

El procedimiento planteado busca determinar un equivalente de certeza en cada período que posteriormente se iguala, a través de un proceso iterativo, al valor de contado del activo en ese período, explicitando así el valor de la aversión al riesgo implícita de ese momento. Para el cálculo del equivalente de certeza a partir de la función de utilidad CRRA se sigue la metodología desarrollada por Milanese (2018).

El punto de partida consiste en estimar la volatilidad de los activos, para luego poder estimar un escenario alcista y uno bajista para el próximo período.

En el caso del dólar, se calcula la volatilidad implícita en el precio de las opciones financieras sobre dicho activo. Para ello se determina el valor teórico de cada opción y luego se itera el valor de la volatilidad implícita hasta lograr que ese valor teórico se iguale con el valor de cotización o prima. Esto se realiza con cada opción de compra y de venta cuyo vencimiento se encuentre dentro del período de tiempo bajo análisis. De esta manera, la volatilidad de un mes determinado, se obtiene a partir del promedio entre la volatilidad de todas las opciones con vencimiento en ese mes. Este promedio permite capturar tanto las expectativas alcistas como las bajistas sobre el precio del dólar, llegando a una medida de riesgo más completa sobre el valor del activo.

Para los restantes activos financieros, se calcula la volatilidad histórica, a partir del desvío estándar de los rendimientos de los mismos en el período de tiempo considerado. Con esos valores se determina el valor de los activos en el período  $t+1$ .

A continuación, es necesario conocer el valor presente de las expectativas de cada escenario. En el caso del dólar, para llevar los precios de ambos escenarios a su valor en  $t$ , se utiliza la teoría de la paridad en los tipos de interés, según la cual la diferencia entre los tipos de interés se debe equilibrar con la diferencia entre los tipos de cambio al contado y a futuro (Pesce, 2017). Dicha paridad se representa en la Ecuación 4.

$$\frac{(1 + Rf_{AR})^t}{(1 + Rf_{USA})^t} = \frac{USD_{(t+1)}}{USD_{(t)}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde  $Rf_{AR}$  es la tasa de interés libre de riesgo de Argentina,  $Rf_{USA}$  representa la misma tasa de Estados Unidos,  $USD_{(t)}$  es el precio del dólar estadounidense en el momento  $t$  y  $USD_{(t+1)}$  es el valor de la misma divisa en el período siguiente a  $t$ .

Despejando el valor presente del USD, se obtienen las Ecuaciones 5 y 6, que se emplean para determinar el valor al contado correspondiente al máximo y al mínimo valor futuro dado, respectivamente.

$$USD_{i(t)} = USD_{i(t+1)} \times \left( \frac{1 + Rf_{USA}}{1 + Rf_{AR}} \right)^t \quad \text{Ecuación 5}$$

$$USD_{j(t)} = USD_{j(t+1)} \times \left( \frac{1 + Rf_{USA}}{1 + Rf_{AR}} \right)^t \quad \text{Ecuación 6}$$

Por su parte, para el resto de los activos se realiza una actualización continua, aplicando la Ecuación 7.

$$A_{t(i,j)} = A_{(t(i,j)+1)} \times \left( 1 + \frac{Rf}{365} \right)^{-t} \quad \text{Ecuación 7}$$

Siendo  $A$  el precio del activo,  $Rf$  la tasa de interés libre de riesgo anual y  $t$  el tiempo expresado en días.

Posteriormente, se determina la utilidad que arroja cada uno de esos valores futuros, empleando la función CRRA (Ecuación 8).

$$U(A_{i,j(t)}) = \begin{cases} \frac{A_{i,j(t)}^{(1-\gamma)}}{1-\gamma} \rightarrow \gamma > 0; \gamma \neq 1 \\ \log(A_{i,j(t)}) \rightarrow \gamma = 1 \end{cases} \quad (8)$$

Donde  $\gamma$  es la medida de aversión al riesgo y  $U(A_{i,j(t)})$  es la utilidad de las expectativas sobre el precio del activo en  $t$ .

Luego, se calcula el valor de la esperanza de la utilidad (9), considerando las probabilidades de ocurrencia  $p$  y  $1-p$  iguales a 0,5.

$$E[U(A_{i,j(t)})] = p \times U(A_{i(t)}) + (1-p) \times U(A_{j(t)}) \quad (9)$$

Seguidamente, a partir de la Ecuación 10, se llega al valor del equivalente de certeza de la esperanza de la utilidad reflejada en las expectativas del precio de cada activo.

$$CE(A_{i,j(t)}) = \{E[U(A_{i,j(t)})] \times (1-\gamma)\}^{\frac{1}{1-\gamma}} \quad (10)$$

Finalmente, se determina el valor de  $\gamma$  mediante iteración, utilizando la herramienta Solver de MS Excel®, buscando el valor con el que el precio spot del activo se iguala al equivalente cierto ( $CE$ ), derivado de las expectativas.

### 3.2. Series de tiempo

Las fuentes de los datos utilizados se detallan a continuación. Todos ellos corresponden al período que abarca desde enero de 2016 hasta diciembre de 2018 y fueron procesados en una planilla de cálculo (MS Excel®) y en el software estadístico STATA.

Los valores correspondientes a las opciones sobre dólar son los informados en la base de datos del Mercado a Término de Rosario S.A. (ROFEX). Mientras que el

precio *spot* o al contado del dólar y el valor de la tasa de política monetaria se obtienen de las publicaciones de datos estadísticos del Banco Central de la República Argentina (BCRA). La cotización histórica de las acciones se toma de la página web Yahoo Finance.

Respecto a la tasa de interés libre de riesgo de Argentina, se utiliza la tasa de descuento de las Letras del Banco Central de la República Argentina (LEBACS), emitidas con un plazo de 70 a 111 días (con un promedio de 91 días para el período de datos considerado), e informadas por el BCRA. Y para la tasa de interés libre de riesgo de Estados Unidos, se recurre al uso de la tasa de descuento de las Letras del Tesoro de Estados Unidos (*Treasury bills*) a tres meses de plazo, cuya fuente de información es la base de datos de economía internacional provista por el Ministerio de Hacienda de Argentina.

Por otro lado, se emplea el test de Dickey-Fuller para determinar la estacionariedad de las series. Esta prueba se aplica a la serie de aversión al riesgo implícita, a la de precios al contado y a las de rendimiento logarítmico de los activos. Se concluye que sólo los rendimientos son estacionarios en niveles, mientras que las otras dos series lo son en primera diferencia. Posteriormente se calcula el coeficiente de correlación de Pearson, utilizando las series estacionarias, para determinar el grado de asociación entre las variables.

#### **4. Resultados**

En primer lugar se presenta la Tabla 2, que contiene los resultados de la aversión implícita en el precio del dólar estadounidense, ejemplificando el procedimiento que se lleva a cabo para todos los activos. Siguiendo el orden de las columnas, de izquierda a derecha, su contenido indica: (1) la fecha de cada observación; (2) el valor *spot* o contado del dólar ese día; (3) el valor de aversión al riesgo implícita obtenida mediante la iteración; (4) el valor mínimo de las expectativas a 12 meses del precio del dólar; (5) el valor máximo de las expectativas a 12 meses del precio del activo; (6) el valor actual del mínimo valor de las expectativas; (7) el valor actual del máximo valor de las expectativas; (8) la utilidad que se obtiene a partir del mínimo valor esperado; (9) la utilidad que se obtiene a partir del máximo valor esperado; (10) la esperanza de la utilidad de la divisa; (11) el equivalente de certeza de la esperanza de la utilidad del activo.

Tal como se puede apreciar, la aversión al riesgo implícita revelada se mantiene relativamente estable dentro del rango 0,61 - 0,54, aunque se observa que presenta una tendencia ligeramente decreciente respecto del tiempo (Gráfico 1).

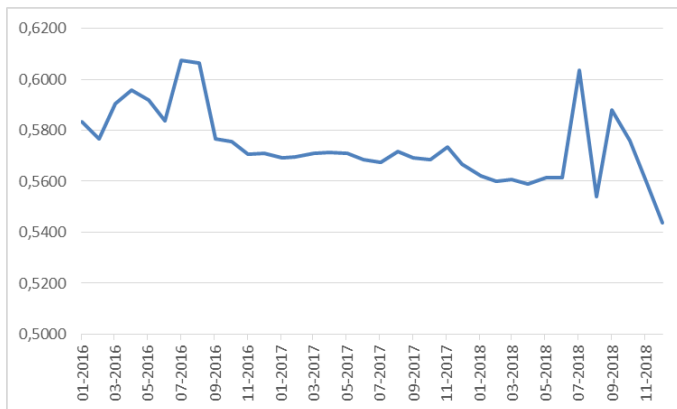
Por otro lado, como muestra el Gráfico 2, el precio al contado del USD presenta una tendencia alcista, muy marcada en los últimos períodos bajo análisis.

Tabla 2 - Aversión al riesgo implícita en el precio del dólar estadounidense

Fecha	$USD_{(t)}$	$\gamma$	$USD_{i(t+1)}$	$USD_{j(t+1)}$	$USD_{i(t)}$	$USD_{j(t)}$	$U(USD_{i(t)})$	$U(USD_{j(t)})$	$E(U(USD_{ij(t)}))$	$CE(USD_{ij(t)})$
29/01/2016	13,90	<b>0,58</b>	11,94	15,87	9,26	12,32	6,39	7,98	7,19	13,90
29/02/2016	15,58	<b>0,58</b>	13,38	17,79	10,39	13,82	6,74	8,37	7,56	15,58
31/03/2016	14,58	<b>0,59</b>	8,12	21,04	6,08	15,73	4,65	9,99	7,32	14,58
29/04/2016	14,26	<b>0,60</b>	6,31	22,21	4,72	16,61	3,76	10,72	7,24	14,26
31/05/2016	14,01	<b>0,59</b>	7,51	20,51	5,70	15,56	4,41	9,98	7,20	14,01
30/06/2016	14,92	<b>0,58</b>	8,43	21,41	6,56	16,65	4,80	10,00	7,40	14,92
29/07/2016	15,04	<b>0,61</b>	0,00	37,71	0,00	29,41	-2,55	17,32	7,38	15,04
31/08/2016	14,90	<b>0,61</b>	0,00	37,35	0,00	29,56	-2,54	17,25	7,36	14,90
30/09/2016	15,26	<b>0,58</b>	9,90	20,63	7,92	16,51	5,43	9,54	7,49	15,26
31/10/2016	15,17	<b>0,58</b>	11,31	19,04	9,04	15,21	6,01	8,93	7,47	15,17
30/11/2016	15,84	<b>0,57</b>	13,49	18,20	10,91	14,72	6,78	8,48	7,63	15,84
29/12/2016	15,73	<b>0,57</b>	13,86	17,60	11,21	14,23	6,93	8,28	7,60	15,73
31/01/2017	15,91	<b>0,57</b>	13,71	18,11	11,21	14,80	6,86	8,43	7,65	15,91
24/02/2017	15,46	<b>0,57</b>	13,32	17,59	10,97	14,49	6,77	8,33	7,55	15,46
31/03/2017	15,38	<b>0,57</b>	11,09	19,68	9,18	16,28	5,93	9,13	7,53	15,38
28/04/2017	15,43	<b>0,57</b>	11,12	19,73	9,15	16,24	5,93	9,14	7,54	15,43
31/05/2017	16,14	<b>0,57</b>	11,64	20,65	9,42	16,72	6,06	9,31	7,69	16,14
30/06/2017	16,60	<b>0,57</b>	13,37	19,83	10,83	16,06	6,66	8,92	7,79	16,60
31/07/2017	17,67	<b>0,57</b>	12,91	22,43	10,36	17,99	6,40	9,61	8,01	17,67
31/08/2017	17,37	<b>0,57</b>	10,05	24,68	8,03	19,70	5,35	10,51	7,93	17,37
29/09/2017	17,32	<b>0,57</b>	12,86	21,77	10,24	17,33	6,41	9,45	7,93	17,32
31/10/2017	17,67	<b>0,57</b>	12,84	22,50	10,23	17,92	6,37	9,63	8,00	17,67
30/11/2017	17,38	<b>0,57</b>	10,56	24,20	8,28	18,96	5,53	10,32	7,93	17,38
28/12/2017	18,83	<b>0,57</b>	13,58	24,08	10,69	18,96	6,54	9,93	8,23	18,83
31/01/2018	19,65	<b>0,56</b>	15,88	23,43	12,72	18,78	7,25	9,58	8,42	19,65
28/02/2018	20,12	<b>0,56</b>	17,15	23,08	13,81	18,57	7,62	9,41	8,51	20,12
28/03/2018	20,14	<b>0,56</b>	15,24	25,05	12,31	20,24	7,02	10,01	8,51	20,14
27/04/2018	20,69	<b>0,56</b>	15,96	25,42	12,93	20,59	7,22	10,04	8,63	20,69
31/05/2018	24,95	<b>0,56</b>	19,83	30,07	14,59	22,13	7,99	10,70	9,35	24,95
29/06/2018	28,86	<b>0,56</b>	18,63	39,09	13,28	27,87	7,45	12,48	9,97	28,86
31/07/2018	27,41	<b>0,60</b>	0,00	58,00	0,00	41,17	-2,52	21,27	9,37	27,41
31/08/2018	36,85	<b>0,55</b>	22,28	51,42	15,94	36,78	8,15	14,26	11,20	36,85
28/09/2018	41,25	<b>0,59</b>	0,00	87,27	0,00	61,50	-2,43	24,90	11,24	41,25
31/10/2018	35,95	<b>0,58</b>	7,74	64,16	5,05	41,82	3,64	17,90	10,77	35,95
30/11/2018	37,20	<b>0,56</b>	18,61	55,79	12,70	38,08	7,16	15,16	11,16	37,20
31/12/2018	37,70	<b>0,54</b>	0,00	151,62	0,00	103,75	-2,19	25,16	11,48	37,70

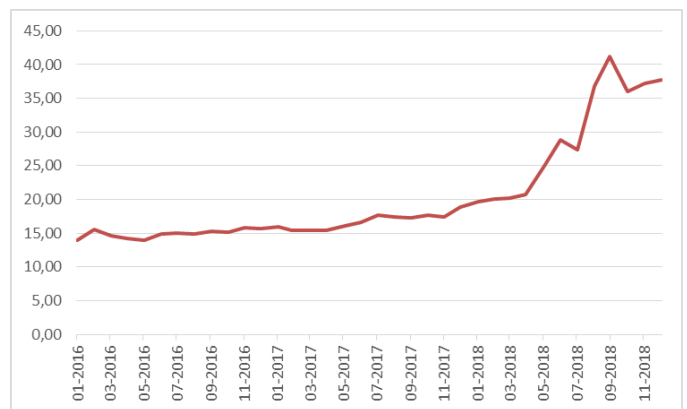
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1 – Aversión al riesgo implícita USD



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2 – Precio spot USD

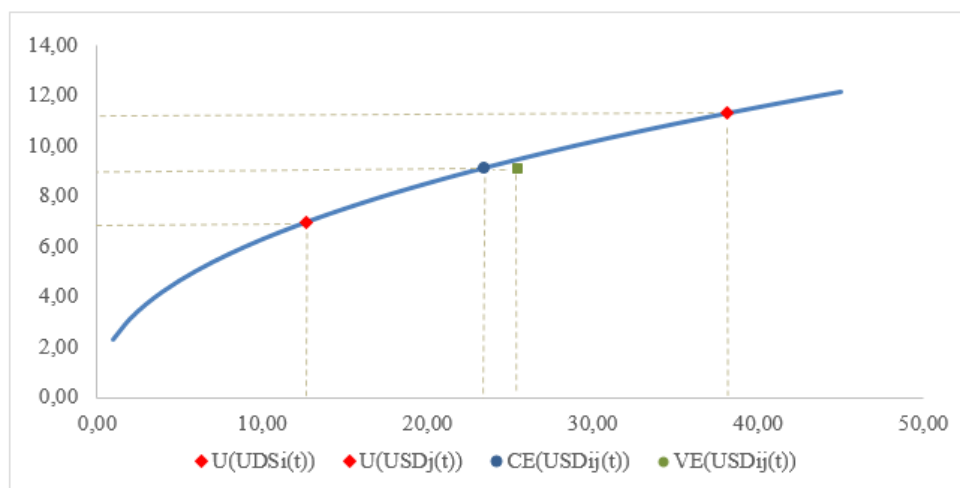


Fuente: Elaboración propia.



En el Gráfico 3 se ilustra cómo quedaría definida la función de utilidad con los datos del mes de noviembre de 2018 a modo ejemplificativo. Los dos puntos representados con rombos indican las utilidades de los dos escenarios planteados (mínimo y máximo), mientras que el cuadrado marca el valor esperado de las dos alternativas anteriores y el círculo señala el equivalente de certeza. Nótese que estos dos últimos conceptos arrojan el mismo nivel de utilidad, siendo el valor esperado mayor que el equivalente cierto, lo que se corresponde con el comportamiento de aversión al riesgo según la Teoría de la Utilidad Esperada.

Gráfico 3 - Función de utilidad CRRA para el USD



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para todos los activos considerados. Se comienza por el dólar (USD) en la segunda columna, luego la tasa de política monetaria (TPM), y a continuación las 20 primeras acciones del S&P Merval: Grupo Financiero Galicia S.A. (GGAL), Grupo Supervielle S.A. (SUPV), Pampa Energía S.A. (PAMP), YPF S.A. (YPFD), Petróleo Brasileiro S.A. (APBR), Banco Macro S.A. (BMA), BBVA Banco Francés (FRAN), Transportadora Gas del Sur S.A. (TGSU2), Tenaris S.A. (TS), Bolsas y Mercados Argentinos S.A. (BYMA), Central Puerto S.A. (CEPU), Edenor S.A. (EDN), Grupo Financiero Valores S.A. (VALO), Aluar Aluminio Argentino S.A. (ALUA), Ternium Argentina S.A. (TXAR), Transener (TRAN), Transportadora Gas del Norte S.A. (TGNO4), Sociedad Comercial Del Plata S.A. (COME), Cablevisión Holding S.A. (CVH), Mirgor S.A. (MIRG).

Para los fines de este trabajo, se considera aversión al riesgo baja para valores que oscilen entre 0 y 0,35, moderada cuando se encuentre entre 0,35 y 0,65, y alta cuando fuera mayor a 0,65.

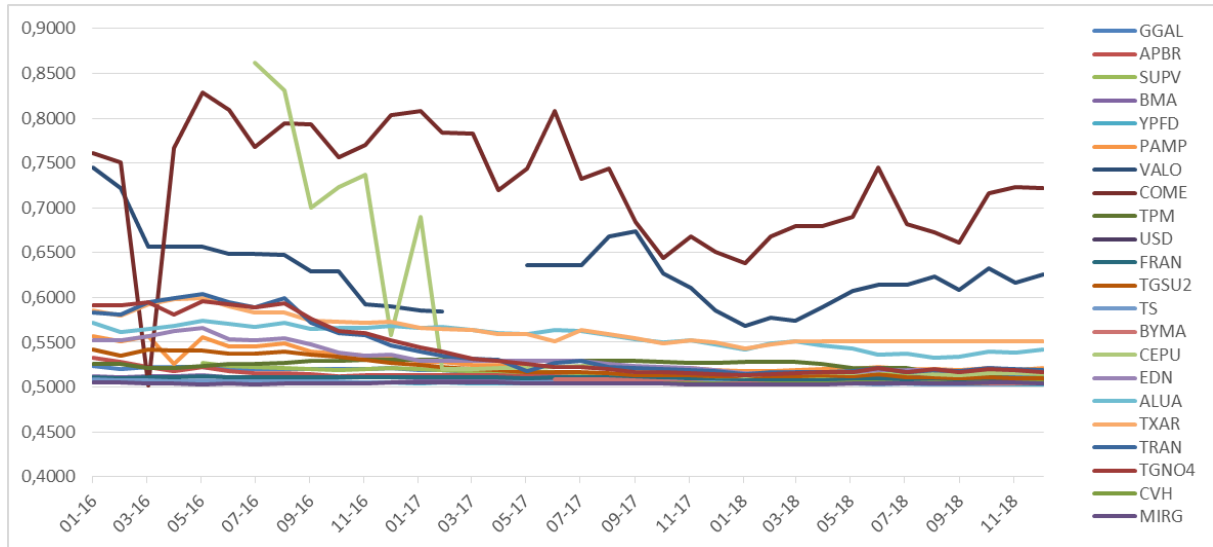
Como se puede observar, la aversión al riesgo implícita oscila entre 0,50 y 0,86, correspondiendo estos valores límite a COME y CEPU respectivamente. Esto demuestra una amplitud de aversión que va desde moderada a elevada, dependiendo del activo del que se trate.

Los resultados obtenidos concuerdan algunos de los hallazgos previos de la literatura especializada en estimaciones empíricas de aversión al riesgo. Específicamente, se encuentran en línea con Pareja Vasseur y Baena (2018), Gándelman y Hernández-Murillo (2015), Cook et al. (2013), Harrison et al. (2013),

Ahmed et al. (2012), Bombardini y Trebbi (2012), Kim y Lee et al. (2012), Abdellaoui et al. (2011), Harrison et al. (2009), Harrison et al. (2007) y Harrison et al. (2005).

En el Gráfico 4 se encuentran representadas todas las series de los activos bajo estudio. Del mismo se deriva que casi todos los activos se encuentran en un rango de aversión al riesgo moderada, existiendo dos excepciones con aversión alta: las acciones de COME y VALU, y una que comienza con aversión elevada y luego se estabiliza en un nivel moderado, que es el caso de CEPU.

Gráfico 4 – Aversión al riesgo implícita en el precio de activos financieros



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3 - Aversión al riesgo implícita en diferentes activos financieros

Fecha	USD	TPM	GGAL	APBR	SUPV	BMA	YPFD	PAMP	VALO	COME	FRAN	TGSU2	TS	BYMA	CEPU	EDN	ALUA	TXAR	TRAN	TGNO4	CVH	MIRG
01-16	0,5833	0,5257	0,5231	0,5329		0,5126	0,5059	0,5564	0,7447	0,7609	0,5114	0,5424	0,5081			0,5528	0,5715	0,5854	0,5836	0,5917		0,5053
02-16	0,5765	0,5254	0,5200	0,5286		0,5111	0,5051	0,5512	0,7226	0,7506	0,5096	0,5355	0,5073			0,5524	0,5617	0,5797	0,5811	0,5909		0,5048
03-16	0,5905	0,5218	0,5221	0,5219		0,5123	0,5054	0,5574	0,6572	0,5017	0,5109	0,5418	0,5070			0,5564	0,5653	0,5919	0,5943	0,5951		0,5036
04-16	0,5958	0,5218	0,5223	0,5181		0,5126	0,5051	0,5256	0,6572	0,7670	0,5107	0,5404	0,5068			0,5630	0,5682	0,5978	0,5994	0,5811		0,5037
05-16	0,5918	0,5231	0,5226	0,5225	0,5264	0,5128	0,5051	0,5553	0,6569	0,8289	0,5117	0,5404	0,5069			0,5655	0,5737	0,5992	0,6036	0,5962		0,5035
06-16	0,5837	0,5257	0,5201	0,5181	0,5233	0,5108	0,5051	0,5455	0,6483	0,8095	0,5105	0,5371	0,5062			0,5529	0,5706	0,5903	0,5952	0,5924		0,5036
07-16	0,6074	0,5261	0,5205	0,5157	0,5219	0,5107	0,5052	0,5451	0,6483	0,7681	0,5108	0,5376	0,5065		0,8624	0,5528	0,5667	0,5830	0,5885	0,5887		0,5033
08-16	0,6063	0,5275	0,5204	0,5151	0,5215	0,5103	0,5055	0,5486	0,6480	0,7942	0,5107	0,5399	0,5064		0,8305	0,5544	0,5713	0,5828	0,5993	0,5936		0,5037
09-16	0,5767	0,5288	0,5197	0,5146	0,5200	0,5102	0,5052	0,5395	0,6288	0,7937	0,5107	0,5357	0,5062		0,7007	0,5477	0,5644	0,5746	0,5714	0,5765		0,5036
10-16	0,5756	0,5288	0,5197	0,5126	0,5195	0,5105	0,5053	0,5375	0,6289	0,7564	0,5108	0,5336	0,5063		0,7232	0,5380	0,5655	0,5724	0,5605	0,5624		0,5037
11-16	0,5706	0,5306	0,5205	0,5127	0,5201	0,5105	0,5053	0,5351	0,5929	0,7708	0,5110	0,5301	0,5055		0,7371	0,5349	0,5655	0,5719	0,5581	0,5599		0,5041
12-16	0,5708	0,5306	0,5211	0,5132	0,5217	0,5113	0,5055	0,5354	0,5900	0,8030	0,5114	0,5268	0,5052		0,5584	0,5359	0,5681	0,5726	0,5469	0,5525		0,5050
01-17	0,5691	0,5306	0,5189	0,5132	0,5198	0,5101	0,5045	0,5280	0,5853	0,8077	0,5110	0,5250	0,5052		0,6899	0,5291	0,5664	0,5655	0,5391	0,5442		0,5047
02-17	0,5696	0,5306	0,5185	0,5134	0,5192	0,5098	0,5047	0,5287	0,5840	0,7839	0,5114	0,5226	0,5055		0,5200	0,5296	0,5673	0,5646	0,5354	0,5402		0,5048
03-17	0,5709	0,5306	0,5165	0,5139	0,5178	0,5093	0,5042	0,5252		0,7824	0,5112	0,5197	0,5054		0,5205	0,5292	0,5641	0,5641	0,5320	0,5315		0,5049
04-17	0,5714	0,5292	0,5162	0,5146	0,5178	0,5093	0,5040	0,5250		0,7203	0,5112	0,5189	0,5057		0,5218	0,5290	0,5598	0,5593	0,5301	0,5294		0,5047
05-17	0,5710	0,5292	0,5144	0,5148	0,5165	0,5090	0,5041	0,5219	0,6359	0,7442	0,5102	0,5170	0,5057		0,5214	0,5298	0,5593	0,5595	0,5176	0,5254		0,5044
06-17	0,5685	0,5292	0,5146	0,5152	0,5163	0,5086	0,5044	0,5225	0,6359	0,8082	0,5105	0,5163	0,5055	0,5081	0,5221	0,5294	0,5638	0,5508	0,5274	0,5221		0,5044
07-17	0,5675	0,5292	0,5117	0,5138	0,5156	0,5086	0,5044	0,5229	0,6361	0,7326	0,5114	0,5168	0,5052	0,5083	0,5233	0,5290	0,5622	0,5638	0,5295	0,5229		0,5045
08-17	0,5718	0,5292	0,5135	0,5138	0,5139	0,5077	0,5044	0,5212	0,6686	0,7435	0,5106	0,5153	0,5059	0,5084	0,5233	0,5262	0,5584	0,5595	0,5226	0,5202	0,5038	0,5044
09-17	0,5693	0,5292	0,5125	0,5127	0,5127	0,5072	0,5041	0,5203	0,6744	0,6841	0,5094	0,5136	0,5057	0,5069	0,5172	0,5238	0,5534	0,5543	0,5207	0,5171	0,5039	0,5037
10-17	0,5684	0,5279	0,5117	0,5121	0,5118	0,5068	0,5038	0,5194	0,6268	0,6444	0,5088	0,5131	0,5063	0,5058	0,5177	0,5219	0,5503	0,5490	0,5204	0,5163	0,5039	0,5035
11-17	0,5733	0,5271	0,5117	0,5130	0,5123	0,5079	0,5041	0,5208	0,6108	0,6686	0,5093	0,5133	0,5056	0,5057	0,5178	0,5216	0,5525	0,5525	0,5193	0,5158	0,5039	0,5034
12-17	0,5669	0,5271	0,5100	0,5120	0,5105	0,5069	0,5039	0,5189	0,5856	0,6513	0,5077	0,5121	0,5050	0,5045	0,5163	0,5192	0,5478	0,5494	0,5184	0,5144	0,5036	0,5034
01-18	0,5619	0,5283	0,5146	0,5096	0,5097	0,5070	0,5036	0,5176	0,5687	0,6381	0,5074	0,5115	0,5046	0,5043	0,5121	0,5153	0,5424	0,5434	0,5147	0,5137	0,5033	0,5028
02-18	0,5601	0,5283	0,5097	0,5090	0,5097	0,5066	0,5036	0,5184	0,5776	0,6686	0,5076	0,5122	0,5045	0,5044	0,5153	0,5160	0,5489	0,5480	0,5169	0,5143	0,5036	0,5029
03-18	0,5606	0,5283	0,5095	0,5093	0,5099	0,5069	0,5039	0,5194	0,5745	0,6795	0,5079	0,5124	0,5046	0,5040	0,5151	0,5162	0,5514	0,5508	0,5161	0,5154	0,5036	0,5031
04-18	0,5590	0,5260	0,5097	0,5089	0,5104	0,5073	0,5037	0,5203	0,5884	0,6800	0,5080	0,5128	0,5042	0,5042	0,5165	0,5168	0,5471	0,5508	0,5171	0,5171	0,5039	0,5030
05-18	0,5615	0,5209	0,5115	0,5091	0,5130	0,5077	0,5037	0,5200	0,6078	0,6903	0,5094	0,5121	0,5038	0,5046	0,5158	0,5165	0,5436	0,5509	0,5176	0,5171	0,5050	0,5037
06-18	0,5613	0,5209	0,5125	0,5095	0,5167	0,5087	0,5042	0,5226	0,6138	0,7454	0,5094	0,5140	0,5034	0,5045	0,5187	0,5187	0,5360	0,5509	0,5207	0,5214	0,5049	0,5045
07-18	0,6036	0,5209	0,5123	0,5089	0,5146	0,5081	0,5038	0,5207	0,6139	0,6816	0,5090	0,5115	0,5035	0,5041	0,5167	0,5186	0,5375	0,5509	0,5172	0,5167	0,5044	0,5040
08-18	0,5538	0,5153	0,5133	0,5076	0,5190	0,5088	0,5032	0,5207	0,6236	0,6733	0,5100	0,5108	0,5030	0,5043	0,5147	0,5192	0,5330	0,5509	0,5195	0,5197	0,5050	0,5044
09-18	0,5879	0,5153	0,5117	0,5068	0,5163	0,5086	0,5030	0,5194	0,6087	0,6615	0,5076	0,5094	0,5028	0,5043	0,5128	0,5175	0,5335	0,5509	0,5182	0,5162	0,5045	0,5042
10-18	0,5761	0,5145	0,5142	0,5065	0,5178	0,5093	0,5033	0,5208	0,6325	0,7163	0,5088	0,5104	0,5034	0,5046	0,5156	0,5210	0,5396	0,5509	0,5210	0,5200	0,5050	0,5047
11-18	0,5599	0,5152	0,5121	0,5066	0,5161	0,5088	0,5032	0,5189	0,6168	0,7229	0,5080	0,5097	0,5037	0,5043	0,5150	0,5184	0,5387	0,5509	0,5196	0,5194	0,5053	0,5048
12-18	0,5437	0,5154	0,5120	0,5056	0,5147	0,5075	0,5035	0,5208	0,6258	0,7223	0,5083	0,5099	0,5040	0,5041	0,5157	0,5175	0,5417	0,5507	0,5192	0,5161	0,5057	0,5043

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, se realizó el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson entre las series de rendimiento de los activos y las series diferenciadas de aversión al riesgo implícita. La Tabla 3 resume los resultados alcanzados y el Gráfico 4 los ilustra.

Como se puede apreciar, en casi todos los casos el coeficiente de correlación es cercano a -1, lo que indica que a medida que aumenta el precio del activo, disminuye la aversión al riesgo implícita de los inversores.

Asimismo, es necesario destacar, que para el caso del dólar este coeficiente es de -0,37, por lo que para este activo, la aversión al riesgo no parece tan sensible al precio. Este resultado podría deberse a que los argentinos consideran esta divisa como un activo de inversión y de resguardo frente a la inflación, por lo que continúan comprándola a pesar de que aumente su precio.

Por otro lado, a pesar de que en el Gráfico 4 las series de aversión al riesgo parecen seguir una tendencia similar, los coeficientes de correlación entre ellas sólo indican relación entre acciones del mismo sector, para el caso del sector bancario y energético.

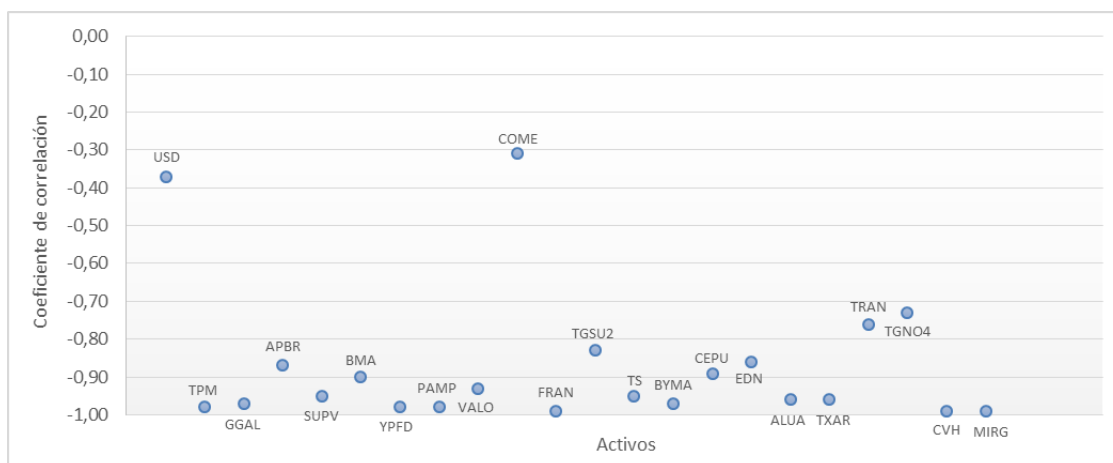
*Tabla 4 - Coeficientes de correlación entre aversión al riesgo y rendimiento*

Activo	Correlación	p valor
USD	-0,37	0,0264
TPM	-0,98	0,0000
GGAL	-0,97	0,0000
APBR	-0,87	0,0000
SUPV	-0,95	0,0000
BMA	-0,90	0,0000
YPFD	-0,98	0,0000
PAMP	-0,98	0,0000
VALO	-0,93	0,0000
COME	-0,31	0,0673
FRAN	-0,99	0,0000

Activo	Correlación	p valor
TGSU2	-0,83	0,0000
TS	-0,95	0,0000
BYMA	-0,97	0,0000
CEPU	-0,89	0,0000
EDN	-0,86	0,0000
ALUA	-0,96	0,0000
TXAR	-0,96	0,0000
TRAN	-0,76	0,0000
TGNO4	-0,73	0,0000
CVH	-0,99	0,0000
MIRG	-0,99	0,0000

Fuente: elaboración propia

*Gráfico 5 – Coeficientes de correlación entre aversión al riesgo implícita y rendimiento*



Fuente: Elaboración propia

## 5. Conclusiones

Se identifica un comportamiento de aversión al riesgo en todos los activos considerados, adoptando valores entre 0,50 y 0,86, siendo moderada en la mayoría de los casos y alta en tres de ellos. Los valores obtenidos se encuentran en línea con los valores estimados empíricamente por una parte de la literatura especializada. Sin embargo, se observa heterogeneidad en el conjunto total de resultados, lo que puede deberse a que se cuenta con estimaciones diversas, realizadas para diferentes espacios temporales y zonas geográficas.

También se evidencia una correlación negativa y cercana a la unidad entre la aversión al riesgo implícita y los rendimientos de todos los activos (excepto el dólar y una de las acciones), indicando que mientras más alto sea el precio del activo, menor será la aversión al riesgo que refleja.

Se espera que estos resultados permitan mejorar la comprensión de la conducta frente al riesgo de los agentes económicos argentinos, debido a que esto afecta las decisiones de inversión que toman y a la estructura y tipos de activos que demandan.

Además, se pretende que las contribuciones de la línea de investigación en la que se encuentra enmarcado este trabajo favorezcan el replanteo de modelos de valuación de activos, enfocados en mercados ineficientes, donde no hay precios de activos y se dificulta encontrar una estimación de la tasa libre de riesgo. Estos problemas se superarían mediante el uso de funciones de utilidad y grado de aversión al riesgo.

Dentro de las limitaciones del trabajo, es necesario destacar que el análisis se realizó con una serie temporal corta, que contiene datos de 36 meses. Además, uno de los supuestos del análisis es que la volatilidad implícita de los activos representa las expectativas de toda la población argentina, lo que constituye una limitación a la hora de determinar la validez de los resultados obtenidos. Además, también se asume que la función de utilidad isoelástica del tipo CRRA representa el comportamiento promedio frente al riesgo de los individuos de la Argentina, lo cual establece otro condicionante para el estudio realizado.

Como futuras líneas de investigación, se propone continuar el análisis con mayor cantidad de datos e incluyendo otras zonas geográficas. También, resultaría interesante ampliar el análisis utilizando diferentes funciones de utilidad. Finalmente se buscará comparar la aversión al riesgo implícita en activos financieros con la que surge a partir de estudios cuasi experimentales diseñado para testear este comportamiento.

## 6. Referencias bibliográficas

- Abdellaoui, M., Driouchi, A., & L'Haridon, O. (2011). Risk aversion elicitation: reconciling tractability and bias minimization. *Theory and Decision*, 71(1), 63-80.
- Ahmed, W., Haider, A., & Iqbal, J. (2012). Estimation of discount factor (beta) and coefficient of relative risk aversion (gamma) in selected countries. MPRA Paper 39736, University Library of Munich, Germany.
- Álvarez, N., Fernandois, A., & Sagner, A. (2018). *Medida de aversión al Riesgo Mediante Volatilidades Implícitas Realizadas*, (818). Banco Central de Chile.
- Arrow, K. J. (1965). *Aspects of the theory of risk-bearing*. Yrjö Jahnssonin Säätiö.
- Arrow, K. J. (1971). The theory of risk aversion. *Essays in the theory of risk-bearing*, 90-120.
- Azar, S. A., & Karaguezian-Haddad, V. (2014). Simulating the market coefficient of relative risk aversion. *Cogent Economics & Finance*, 2(1), 990742.

- Bekaert, G., Hoerova, M., & Duca, M. L. (2013). Risk, uncertainty and monetary policy. *Journal of Monetary Economics*, 60(7), 771-788.
- Bernoulli, D. (1738). Exposition of a New Theory on the Measurement of Risk. *Econometría: Journal of the Econometric Society*, 1954, 22(1), 23-36.
- Bombardini, M., & Trebbi, F. (2012). Risk aversion and expected utility theory: an experiment with large and small stakes. *Journal of the European Economic Association*, 10(6), 1348-1399.
- Brzezinski, M. (2015). Relative Risk Aversion and Power-Law Distribution of Macroeconomic Disasters. *Journal of Applied Econometrics*, 30(1), 170-175.
- Chavez E., Milanesi G., y Pesce G. (2016). Funciones de utilidad y estimación de la aversión al riesgo: revisión de la literatura. *Escritos Contables y de Administración*, 7(2), 97-118.
- Conine, T. E., McDonald, M. B., & Tamarkin, M. (2017). Estimation of relative risk aversion across time. *Applied Economics*, 49(21), 2117-2124.
- Cook, J., Chatterjee, S., Sur, D., & Whittington, D. (2013). Measuring risk aversion among the urban poor in Kolkata, India. *Applied Economics Letters*, 20(1), 1-9.
- Fabozzi, F. J., Leccadito, A., & Tunaru, R. S. (2014). Extracting market information from equity options with exponential Lévy processes. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 38, 125-141.
- Fajardo, J., Ornelas, J. R. H., & Farias, A. R. D. (2012). Estimating risk aversion, risk-neutral and real-world densities using Brazilian Real currency options. *Economia Aplicada*, 16(4), 567-577.
- Gándelman, N., & Hernández-Murillo, R. (2015). Risk aversion at the country level. [Working Paper 2014-005B]. Federal Reserve Bank of St. Louis, Research Division, St. Louis, MO.
- Harrison, G. W., Humphrey, S. J., & Verschoor, A. (2009). Choice under uncertainty: evidence from Ethiopia, India and Uganda. *The Economic Journal*, 120(543), 80-104.
- Harrison, G. W., Johnson, E., McInnes, M. M., & Rutstrom, E. E. (2005). Individual choice and risk aversion in the laboratory: comment. *The American Economic Review*, 95(3), 897-901.
- Harrison, G. W., Lau, M. I., & Rutstrom, E. E. (2007). Estimating risk attitudes in Denmark: a field experiment. *The Scandinavian Journal of Economics*, 109(2), 341-368.
- Harrison, G. W., Lau, M. I., Rutstrom, E. E., & Tarazona-Gomez, M. (2013). *Preferences over social risk*. Oxford Economic Paper, 65(1), 25-46.
- Kim, Y. I., & Lee, J. (2012). Estimating risk aversion using individual-level survey data. *The Korean Economic Review*, 28(2), 221-239.
- Milanesi, G. (2018). Opciones reales y funciones de utilidad isoelásticas: el caso de la valuación de un proyecto I&D en mercados incompletos. *Revista española de capital de riesgo*, (2), 39-52.
- Pareja, J., & Baena, J. A. (2018). Estimación del índice de aversión al riesgo utilizando la función CRRA mediante un diseño experimental. *Revista Espacios*, 39(13).
- Pareja Vasseur, J. y Cadavid, Pérez, C. (2016). Valoración de patentes farmacéuticas a través de opciones reales equivalentes de certeza y función de utilidad. *Contaduría y Administración*, 61(4), 794-814
- Pesce, G. (2017). Finanzas Internacionales: ¿ Qué son las paridades y para qué se utilizan?. *Revista CEA*, 1(1), 46-67.

- Pratt, J. W. (1964). Risk-aversion in the small and in the large. *Econometrica*, 32(1-2), 122-136.
- Saha, A., Shumway, C. R., & Talpaz, H. (1994). Joint estimation of risk preference structure and technology using expo-power utility. *American Journal of Agricultural Economics*, 76(2), 173-184.
- Von Neumann, J. & Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press, Estados Unidos.