

Una aproximación al riesgo cambiario argentino: Parametrización y teoría de valores extremos

Antonio Marazzo

Segundo Premio / Categoría Estudiantes

14° Premio de Investigación Económica

"Dr. Raúl Prebisch" 2022



BANCO CENTRAL
DE LA REPÚBLICA ARGENTINA



BANCO CENTRAL
DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

Una aproximación al Riesgo Cambiario Argentino: Parametrización y Teoría de Valores Extremos

Autor

Antonio Marazzo

Junio, 2022

Índice

	Página
Resumen	III
Palabras Clave	III
1. Introducción	1
2. Corridas cambiarias: teoría, modelos y mecanismos de amplificación	3
2.1. Modelos de primera generación	3
2.2. Modelos de segunda y tercera generación	5
2.3. Efectos contractivos de una devaluación	7
3. Hechos estilizados de Argentina	8
3.1. La pos-convertibilidad (2003-2015)	8
3.2. El regreso al tipo de cambio flotante (2015-2019)	10
3.2.1. El regreso a la intervención cambiaria	12
3.2.2. La intervención como estrategia	12
3.2.3. Flotación administrada	13
4. Administración de riesgos cambiarios: teoría, conceptos y definiciones	16
4.1. Modelos VaR	17
4.1.1. VaR empírico: Historical Simulation (HS)	17
4.1.2. VaR paramétrico	17
4.1.3. Exchange Rate at Risk (ERaR)	18
4.2. Teoría de Valores Extremos (EVT)	18
4.2.1. Método Peak Over Threshold (POT)	19
4.2.2. Distribución de los excesos	19
4.2.3. Teorema del límite para la distribución de excesos	20
4.2.4. Máxima-Verosimilitud	21
4.3. EVT condicional	21
4.3.1. El TC como proceso estocástico	21
4.3.2. Un modelo AR(1)-EGARCH(1,1)	22
4.3.3. Estimación - ERaR condicional	23
5. Aplicación	24
5.1. Distribución de probabilidad de los movimientos	24
5.2. GPD ERaR	26
5.2.1. ERaR incondicional	26
5.2.2. ERaR condicional	26

6. Backtesting	28
6.0.1. Cobertura incondicional	28
6.0.2. Análisis de resultados	29
7. Conclusiones	33
Referencias	36

Resumen

En países con presencia de alta volatilidad macroeconómica y baja profundidad del mercado financiero, las posibilidades de eventos de corrida cambiaria son relativamente mayores. El trabajo siguiente pretende analizar el caso de riesgos cambiarios para la Argentina, utilizando enfoques de estimación paramétricos y Teoría de Valores Extremos (EVT). La investigación consiste en el armado de Modelos ERaR (*Exchange Rate at Risk*) que tienen el fin de estimar la potencial magnitud de los movimientos del tipo de cambio en un momento determinado. Con este propósito, se estudia con detalle un periodo histórico reciente que contó con sucesivas corridas cambiarias bajo tipo de cambio flotante (2015-2019). Particularmente, se utiliza la «*Generalized Pareto Distribution*» y un modelo AR(1)-EGARCH(1,1), así como la función de distribución Normal a modo de referencia. El objetivo central es desarrollar modelos de riesgo cambiario que pongan un mayor peso a las colas de la función de distribución, a los efectos de mejorar la estimación de eventos disruptivos en este panorama: saltos elevados en el tipo de cambio y aumentos de la volatilidad cambiaria y macrofinanciera.

Palabras Clave

Riesgo cambiario, Modelos de Riesgo, Teoría de Valores Extremos, Política Monetaria, Banca.

1. Introducción

Una de las bases de la inestabilidad macroeconómica de economías emergentes como la Argentina radica en la magnitud de sus fluctuaciones cambiarias. Cuando la volatilidad cambiaria aumenta, crece con ella la probabilidad de escenarios de corrida. Más aún, las presiones cambiarias pueden terminar en un colapso del régimen cambiario. La historia argentina cuenta con un vasto historial de eventos así, los cuales han motivado la creación de modelos como el de Krugman (1979) y posteriormente Flood y Garber (1984). Experiencias posteriores en economías emergentes dieron origen a modelos que permitieron pensar los colapsos cambiarios en términos de la existencia de equilibrios múltiples.

El trabajo se estructura en tres secciones. La primera sección consta de un repaso de modelos sobre corridas cambiarias, crisis de Balanza de Pagos o colapso de regímenes cambiarios. Se cubren los modelos de primera, segunda y tercera generación. Precisamente, se intenta observar cuál es la naturaleza de una corrida cambiaria, qué factores pueden generarla y de qué forma, así como la secuencia de los acontecimientos hasta llegar a una. Se concluye en la imposibilidad de predecir estos escenarios de manera perfecta, dando valor a la aleatoriedad y la intromisión de la estimación del riesgo de cola en la materia. Al finalizar, se llega a la segunda sección donde se exponen hechos estilizados de Argentina, con las situaciones más recientes de corridas cambiarias, con un repaso de los fundamentos económicos del periodo y la secuencia de los acontecimientos hasta llegar a cada una de las corridas. El foco está puesto particularmente en el periodo 2015-2019, por contar con al menos dos sucesos de corrida cambiaria bajo tipo de cambio flotante o flotación administrada, y por ilustrar mejor que un régimen de tipo de cambio fijo la realidad del grueso de las economías emergentes (Patel, Cavallino (2019)) y el impacto del shock de una corrida.

La tercera sección introduce el concepto de *Value-at-Risk* (*VaR*), una métrica de cuantificación de posibles pérdidas financieras, para luego comprender la medida estudiada en el trabajo, el *Exchange Rate-at-Risk* (*ERaR*). El *ERaR* es la extrapolación del *VaR* al panorama cambiario, y mide potenciales movimientos elevados del TC. Luego, se hace hincapié en EVT para modelarlo. Particularmente, se utiliza el método incondicional POT para llegar a la *Generalized Pareto Distribution* (*GPD*) a los efectos de estimar un «*GPD ERaR*». Baran y Witzany (2012) muestran cómo este método supera significativamente al de un *VaR* con distribución Normal o bien, un *VaR* empírico cuando se trata de predecir valores extremos: aquellos que se encuentran en la cola de la distribución. Por esta razón es que se implementa esta técnica en adición al método paramétrico estándar. Por último, se explica el enfoque condicional y se construye un modelo $AR(1)$ -EGARCH(1,1) para proyectar los movimientos del TC y con ello el *ERaR* para cada día de la serie.

El armado de los modelos y su aplicación a la serie histórica (2015-2019) de evolución del tipo de cambio se encuentra en la cuarta sección. En esta parte del trabajo se hace un análisis de la serie del tipo de cambio USD/ARS para el periodo de estudio, con el

uso de medidas de estadística descriptiva y gráficos de cuantiles de los movimientos del tipo de cambio. Adicionalmente, se exponen los parámetros estimados para cada modelo y distribución de probabilidad, junto con la explicación metodológica. Más adelante, se realiza un *backtesting*¹ para hacer un conteo de las excepciones (a las que también llamamos *hits*): número de veces que el modelo subestima los movimientos del tipo de cambio. Asimismo, se analizan los resultados y se realiza el Test Incondicional de Kupiec, el cual permite ver si la cantidad de veces que se subestima el resultado final excede o no el nivel de confianza establecido, y por ende si el modelo ajusta adecuadamente.

Finalmente, se sacan las conclusiones pertinentes y se discuten las implicancias de política económica, junto con la propuesta de mayores investigaciones en este campo.

¹Método que se usa en modelado estadístico para probar un modelo predictivo utilizando datos históricos. El *backtesting* es un tipo de retrodicción y un tipo especial de validación cruzada aplicada a períodos de tiempo anteriores.

2. Corridas cambiarias: teoría, modelos y mecanismos de amplificación

En esta sección se hace un breve recorrido por los modelos y experiencias que motivan la investigación sobre la estimación de riesgo cambiario. El objetivo es comprender las causas de una corrida cambiaria, la forma en la que se llega y sus implicancias macroeconómicas.

En un inicio, se encuentran los llamados modelos de primera generación, que procuran explicar los ataques especulativos en contra de la moneda local (crisis cambiaria) sobre los fundamentos de mercado. Estos señalan a la fuente de financiación de los desequilibrios en las cuentas fiscales como la causa del ataque especulativo contra el tipo de cambio.

En segunda instancia, se repasan los modelos de segunda generación, los cuales en lugar de enfocarse solamente en los fundamentos, atribuyen la causa de los ataques especulativos a la existencia de distintas percepciones que conducen a la aparición de equilibrios múltiples, a los que la economía tiende dependiendo de las creencias y del comportamiento agregado de los agentes.

Una vez cubiertos los modelos, se enfatiza sobre los efectos macroeconómicos de una depreciación de la moneda en el corto plazo, se utiliza el modelo de Krugman y Taylor (1976) sobre efectos contractivos de una devaluación.

2.1. Modelos de primera generación

Si bien lo que Krugman (1976) pretende modelizar estrictamente es una crisis de Balance de Pagos, por tal motivo, este trabajo sirve perfectamente para ilustrar el marco macroeconómico en el que se da una corrida cambiaria. Cuando el gobierno es incapaz de defender un tipo de cambio (TC) por las restricciones que ocasionan sus acciones, se da una crisis de balance de pagos. El modelo, motivado por la situación de las economías latinoamericanas en los años 80, se basa en gobiernos que pretenden mantener el TC estable en simultáneo con un déficit fiscal financiado con emisión monetaria. Dicha situación se puede dar bajo dos regímenes cambiarios:

1. El TC es fijo y el resultado negativo puede mantenerse por un periodo limitado de tiempo, que será función creciente de sus reservas iniciales.
2. El TC es flotante y el saldo negativo del balance comercial se ve compensado por un saldo positivo del flujo de capitales (usualmente deuda externa).

Krugman argumenta que un gobierno se intenta evitar que su moneda se deprecie eventualmente encontrará, para el primer caso, sus reservas internacionales agotadas. Y para el segundo, sus posibilidades de endeudamiento restringidas.

Por cuestiones de economía política, la devaluación resulta siempre indeseada para el gobierno de turno, y previo a ella se acuden a todo tipo de controles (cuotas de importación - aumento de aranceles) y restricciones de compra de moneda extranjera (cepo) para evitar el escenario de devaluación.

En este caso, cuando el stock de reservas se comienza a acercar a cero, se da un ataque especulativo que elimina rápidamente las últimas reservas y vuelve imposible mantener el tipo de cambio. En ese momento, lo más probable es que se recurra a un tipo de reservas secundarias (oro) o bien a pedir ayuda externa que, eventualmente, también sufrirá un ataque especulativo hasta que el régimen cambiario sea abandonado y se pase a un tipo de cambio flotante.

En el segundo caso, el TC puede variar por tres razones:

1. Un cambio en la cantidad de moneda doméstica.
2. Un cambio en la tenencia privada de moneda extranjera.
3. Un cambio en el nivel de inflación esperada.

Entonces, se puede asumir que el TC se mantendrá mientras no existan cambios en la cantidad relativa de dinero doméstico y exista confianza en la moneda local. En el momento en que una de estas dos condiciones no se cumpla, automáticamente el precio de la moneda local convergerá a un nuevo nivel de equilibrio más bajo, y probablemente lo hará en el marco de una corrida en contra de la moneda local.

Ahora bien, lo cierto es que lo esperable sería que una condición implique la otra. Pues cuando se agota la financiación externa, esto ocurre por un tema de desconfianza en el régimen macroeconómico. Posteriormente se observa que para el caso Argentino (2015-2019) la flotación cambiaria fue acompañada de un programa de desinflación.

Ambos regímenes pueden sufrir, bajo determinadas circunstancias, un ataque especulativo, el cual dentro del trabajo se presenta como «corrida cambiaria». Esto es, un proceso en el cual los agentes modifican la composición de sus portafolios, disminuyendo la proporción de moneda local y aumentando la de moneda extranjera.

En esta línea, Flood y Garber (1984) elaboran un modelo para estudiar el momento exacto en el cual colapsa el régimen cambiario. Las conclusiones finales dictan que un incremento inicial en la cantidad de reservas demora el colapso del régimen, mientras que un aumento en la tasa de crecimiento de crédito doméstico lo acelera. Por ende, si la tasa de crecimiento de crédito doméstico tiende a cero, el colapso del régimen cambiario se demora al infinito. Previo a la ocurrencia del evento, el dinero permanece constante, pero sus componentes varían, el crédito doméstico crece a una determinada tasa, y las reservas se reducen a la misma tasa: es un *trade-off*. Cuando las reservas se hacen cero, la cantidad de dinero iguala al crédito doméstico. En el instante inmediato antes del ataque el tipo de cambio satisface la demanda de dinero bajo flotación.

La lección principal del modelo de Krugman para el corriente estudio son los fundamentos según los cuáles se deriva en una corrida cambiaria. Al mismo tiempo, el aporte

crucial de Flood y Garber es que bajo tipo de cambio fijo es posible entrever cuándo el régimen puede colapsar y en consecuencia, anticipar el momento de colapso. Lo cual permite a la autoridad monetaria prevenir la ocurrencia del evento. Ahora bien, ambos autores se enfocan fundamentalmente en esquemas de tipo de cambio fijo. En este trabajo, en cambio, se estudian experiencias de ataques especulativos bajo tipo de cambio flotante por dos razones esenciales. La primera es que el tipo de cambio flotante es más común en las economías del mundo. La segunda razón es que bajo tipo de cambio flotante, la velocidad de los mecanismos que llevan a una corrida, la forma en que se suceden los acontecimientos y la capacidad de predecirlas son diferentes.

El asunto es que la trayectoria importa. Bajo tipo de cambio fijo, la rigidez de los controles hace menos volátil el escenario macroeconómico, la eventual llegada de una corrida es más previsible y por ende, más evitable. La autoridad monetaria seguramente optaría por reforzar las restricciones y/o devaluar antes que agotar sus reservas internacionales. Por ejemplo, podría adoptar un esquema de *Crawling-Peg* para ir devaluando de forma gradual y mermar la probabilidad de que la variación sea muy grande y de shock. En otras palabras, la economía puede continuar operando, de forma limitada, pero sin sobresaltos mayores como los que implicaría un shock devaluatorio brusco.

Con tipo de cambio flotante, la exposición a una corrida es mayor. Pues no existe manera de evitar la huida de la moneda local producto de una caída en la confianza de los agentes. Y el problema principal es que cuando el escenario de corrida se vuelve una realidad, el impacto macroeconómico es realmente traumático. Dentro de los efectos principales está el de la caída brusca en la actividad, la distorsión de precios relativos, el aumento en el nivel de desconfianza sobre la moneda local que suscita a su vez mayor volatilidad macroeconómica, el aumento del nivel de precios por el *pass-through*². En pocas palabras, una corrida coloca a la economía entera en una situación de mayor fragilidad.

Si bien Krugman elabora el modelo con tipo de cambio flexible, su estudio apunta más a comprender cómo una política de tipo cambio fijo se agota, mientras que Flood y Garber explican cuándo se da el suceso. Ambos modelos son sumamente importantes para comprender los fundamentos de mercado detrás de una corrida cambiaria, los cuales dilucidan gran parte de su causas, si bien no todas. Pues un ataque especulativo puede darse inclusive bajo regímenes sostenibles.

2.2. Modelos de segunda y tercera generación

Ante la dificultad de explicar las crisis financieras de algunos países a lo largo de la década del 90 (como el Efecto Tequila en 1994) a través de los fundamentos económicos de los modelos de primera generación, surgen los modelos de segunda generación. Obstfeld (1996) realiza el primer aporte al demostrar que pueden existir equilibrios

²Mecanismo por el cual el aumento del tipo de cambio se traslada a aumentos en el nivel general de precios

múltiples y que, dado algún cambio en las expectativas de los agentes, se puede generar un deterioro de los fundamentos económicos: una especie de "profecía autocumplida". En línea con este pensamiento, Calvo (1998) y Alesina, Prati y Tabellini (1989) desarrollan un enfoque de costo-beneficio para relacionar las crisis de deuda con expectativas autorrealizables.

Más adelante, las crisis financieras de otros emergentes asiáticos (1997-1998) volvieron a poner presión sobre la incapacidad de los modelos de primera generación en su labor explicativa de estallidos cambiarios y de deuda. Estas economías se encontraban con superávit fiscal y bajos niveles de inflación. Aunque lo cierto es que tampoco se dio un cambio en las expectativas de los agentes, no había tal "profecía autocumplida". Se trató de un evento repentino, de alta improbabilidad bajo un análisis económico estándar.

Una característica de estas economías fue que mostraron déficits en su balance de pagos en simultáneo a problemas de solvencia en el sistema financiero. Esto da origen al término de «crisis gemelas», sobre los cuales se apoyaron los modelos de tercera generación, que pretenden analizar la relación entre las crisis cambiarias y las crisis financieras. Aquí surge una disputa sobre el orden en que ocurren. Obstfeld (1994) sostiene que la debilidad del sector financiero precede una crisis cambiaria, ya que en presencia de presiones especulativas, un sector bancario frágil (altamente endeudado - insolvente) puede deteriorar la capacidad del banco central para sostener el TC. No obstante, también es posible que la causalidad corra de forma inversa. Si los bancos presentan un excesivo endeudamiento en moneda extranjera, un movimiento al alza del TC termina aumentando el pasivo de las entidades bancarias y con altas probabilidades, la morosidad. Lo que Krugman (1999) llama «efecto hoja de balance». En suma, la relación causa-efecto no es unidireccional.

Un aporte clave de Krugman (1998) es que la causa de una crisis en ambos mercados se rige sobre la existencia de un problema de riesgo moral. El hecho de que la autoridad monetaria actúe como sostén del sistema financiero, incentiva a que las instituciones financieras lleven a cabo estrategias de depósito e inversión con un componente de exposición al riesgo más elevado que lo saludable. En la misma línea, Chang y Velazco (1998) realizan una contribución interesante al demostrar que, ante un shock externo como por ejemplo una suba de la tasa de referencia de la FED, los agentes generen una retirada de los depósitos del sistema financiero y adicionalmente una pérdida de reservas internacionales producto de la fuga de divisas. En su modelo, el rol del Banco Central es contraproducente, ya que sale a solventar el sistema financiero debilitado y este dinero adicional termina siendo utilizado por los agentes para adquirir divisas, generando presiones adicionales sobre el mercado cambiario.

Finalmente, vale la pena destacar el análisis de Kaminsky y Reinhart (1998), que comprueban de forma empírica que los procesos de liberalización financiera con baja o nula regulación terminan inflando las fases tanto expansivas como contractivas de los ciclos crediticios. Es decir, aumentan la volatilidad macrofinanciera mediante el incremento de vulnerabilidad del sistema financiero a shocks exógenos.

Se puede observar que las razones por las cuales se puede dar una crisis cambiaria y/o gemela son múltiples. Y que más allá de tener el set de fundamentos claros, el shock puede ocasionarse de modo desprevisto, aleatorio. Esto intensifica la preocupación de encontrar métodos de estimación de tales riesgos. Que como se demuestra en la siguiente subsección, no solo es relevante por los efectos macrofinancieros, sino también por su impacto en la economía real.

2.3. Efectos contractivos de una devaluación

Krugman y Taylor (1976) desarrollan un modelo Keynesiano-Kaleckiano para explicar que una devaluación puede llevar a una reducción del producto nacional si:

- Las importaciones inicialmente exceden a las exportaciones: un salto del TC incrementaría el precio de los bienes transables, reduciendo el ingreso real doméstico y aumentando el extranjero. A mayor déficit inicial, mayor el efecto contractivo.
- La propensión marginal al consumo es distinta entre los que perciben salarios y los que perciben beneficios: una devaluación actuaría disminuyendo la demanda agregada haciendo caer el nivel de actividad.
- El país cuenta con impuestos a las exportaciones: la devaluación redistribuye ingresos del sector privado al público.

Puntualizando en el caso Argentino, las devaluaciones suelen darse bajo esas circunstancias. Acá se encuentran razones para una contracción en el corto plazo, que ocurren fundamentalmente bajo efectos redistributivos.

3. Hechos estilizados de Argentina

3.1. La pos-convertibilidad (2003-2015)

Si bien el periodo analizado de forma puntual es el que va desde fines de 2015 hasta Septiembre de 2019, sería equivocado cubrir ese periodo sin un análisis de la situación previa. Esto es, en qué condiciones macroeconómicas se enfrenta este periodo. En pos de acotar el estudio, se observa todo el ciclo pos-convertibilidad. Se asume que el año 2003 es un punto de partida correcto para contemplar el comportamiento del mercado cambiario, dado que el periodo anterior implicó el funcionamiento del Banco Central como una mera caja de conversión, que procuraba mantener el tipo de cambio en paridad con el dólar estadounidense.

Es evidente que la marcha de la política monetaria argentina durante el periodo 2003-2015 fue en promedio expansiva. En un inicio, cuando Néstor Kirchner asume la presidencia, la política era pasiva dado que se fijó el tipo de cambio alrededor de 3 pesos por dólar y era la demanda de dinero la que determinaba la oferta. Esto fue así hasta el año 2004, donde culmina el mandato de Prat-Gay en el Banco Central de la República Argentina (BCRA). Aquí, la economía venía creciendo en torno al 9 % como consecuencia de la recuperación post-crisis, que se enfrentaba con cuentas superavitarias tanto fiscales como externas. Un dato no menor durante este periodo, es el fuerte aumento de la monetización de la economía. Como resultado del crecimiento y del nivel del tipo de cambio real, los saldos monetarios reales crecían a la par de la acumulación de reservas internacionales por parte de la autoridad monetaria. Parte de este comportamiento responde a la ausencia de rechazo por parte de los agentes del dinero doméstico. Se venía de una década con inflación muy baja o incluso deflación, lo que estaba lejos de perjudicar la demanda de pesos argentinos dadas las nulas expectativas inflacionarias. El periodo 2002-2004 muestra un buen desempeño del mercado monetario al no mostrar sobresaltos y lograr mejorar la demanda de dinero (aumento de monetización de 36,19 %) y estabilizar el nivel de inflación en menos del 5 % anual.

A partir de 2004 la naturaleza de la política monetaria cambia. La economía, si bien continuaba creciendo no sólo por la recuperación sino también por los altos términos de intercambio como resultado de los precios de las commodities, ya no lo hacía al mismo ritmo. En este contexto, si bien se continuó una política activa de acumulación de reservas (pasaron de 11.000 millones de dólares en 2003 a 50.000 millones en 2008), la autoridad monetaria decidió elevar la oferta monetaria en exceso, manteniendo el tipo de cambio nominal cercano a 3 pesos por dólar. Es en este momento que comienzan a existir inconsistencias entre oferta y demanda de dinero, que más allá de las medidas de esterilización mediante letras (LEBACs) y notas (NOBACs), comenzaron a generar presiones inflacionarias y en consecuencia dificultar la estabilidad cambiaria.

Si se analiza el periodo de Martín Redrado como presidente del BCRA (2004-2010), se puede decir que se aceleró la oferta monetaria por encima de la demanda en un contexto en el que la economía ya estaba creciendo. Esto significa que la política monetaria

fue pro-cíclica. Las tasas de interés real y nominal indefectiblemente provocaron un aumento de la demanda agregada que en términos de crecimiento del producto le puso un límite a la capacidad de producción. Esto es, no se permitió un equilibrio saludable entre consumo presente y futuro (ahorro), provocando un desahorro que a largo plazo provocaría sin dudas un estancamiento, pero que además, se daría en presencia de inflación. La desmonetización durante este periodo fue de -18.4 % (2004-2010). Lo que hizo las presiones sobre el mercado cambiario aún mayores. Además, al finalizar este periodo los supéravits gemelos ya no existían.

En 2010, la situación monetaria empeora aún más. El BCRA comienza a financiar el déficit del tesoro con emisión monetaria a la par de un tipo de cambio fijo. De esta forma, se tenían todos los fundamentos dados para una eventual crisis de balanza de pagos, una corrida sobre las reservas internacionales. En el año 2011, las reservas eran de 52.000 millones de dólares. En 2012, se ingresa con reservas en 46.000 millones más allá de la introducción de medidas destinadas a limitar la compra de moneda extranjera y el refuerzo de una política comercial restrictiva. Las tasas de interés real pasaron a ser negativas, desmotivando el ahorro en moneda local y generando incentivos adicionales para la huida hacia el dólar. Una vez comenzado un ciclo de desmonetización, la reversión, esto es el regreso de la confianza de los agentes en la moneda doméstica suele ser especialmente complicado. Dornbusch, Sturzenegger y Wolf (1990) explican como más allá de que se logre estabilizar el mercado monetario la adopción por la moneda extranjera persiste (efecto histéresis). Se puede concluir que estos hechos entonces tienden a incrementar los riesgos de corridas cambiarias no sólo en lo cercano sino también en el largo plazo. Por tal motivo, el presente estudio adquiere un valor sustancial.

El nivel de expansión monetaria desde 2011 a 2014 fue realmente desmedido. El BCRA multiplicó en 288 % el M2 (circulante + depósitos a la vista; cuenta corriente; depósitos a plazo; plazos fijos). Dicha expansión siguió convalidándose en niveles de inflación cada vez mayores. Aquí, el tipo de cambio real ya mostraba claras muestras de atraso, dadas las cuentas externas deficitarias. A pesar de ello, la dirigencia monetaria no sólo no devaluaba al ritmo inflacionario sino que pretendía utilizar el tipo de cambio como ancla nominal para evitar mayores aumentos en el nivel de precios. Esto intensificó los controles que, de no haber existido, hubiesen llevado rápidamente a la economía a un escenario de corrida. No obstante, el control del mercado cambiario generó inevitablemente un mercado paralelo. Así, la creciente demanda por el dólar se tradujo en un aumento del precio en este mercado donde la oferta y la demanda se cruzan libremente, llaméase tipo de cambio paralelo, y consecuentemente, un gradual incremento de la denominada brecha cambiaria³. Para el año 2014, el spread representaba un 38.2 %. Esto representaba mayores expectativas de devaluación. Asimismo, la inflación cerraba en 40,2 %, y el PBI caía -2.5 %.

El año 2015 cumple vital relevancia en el presente análisis dado que es el paso previo al periodo analizado en detalle. Aquí, la política monetaria no sólo no cambia el rumbo,

³Spread entre el tipo de cambio oficial y el paralelo

algo esperable en un año electoral, sino que acentúa sus inconsistencias. El déficit primario, que venía en niveles no superiores a un punto del PBI, cierra con un resultado de de -3.8 %. La brecha del dólar paralelo aumenta a niveles superiores al 40 %, mientras el BCRA continuaba con un deterioro en su posición de reservas. Para fines de este año, el país se encuentra bajo el mando de otro gobierno.

3.2. El regreso al tipo de cambio flotante (2015-2019)

La nueva administración ingresa con la intención de corregir los desajustes macroeconómicos bajo un programa gradual, que tenía una motivación política pero también económica. Como la deuda pública era baja y la confianza de los mercados financieros se vería renovada por el cambio de gobierno, junto con un periodo de tasas de interés bajas en el mundo, la premisa era que habría financiamiento para hacer los ajustes económicos de forma suave. En el frente fiscal, se estimaron reducciones iniciales de entre 1.5/2 % del PBI junto a proyecciones de crecimiento del producto de 3 %.

El programa monetario adoptado inicial constó de metas de inflación. El mismo encontró rápidamente restricciones dado que el BCRA se comprometería a abonar parte del déficit fiscal a los efectos de evitar el endeudamiento en demasía. Se estimó que durante los cuatro años de gobierno la inflación acumulada sumaría 73 %, aunque lo esperado para el 2019 era 5 % anual. Adicionalmente, se pasaría rápidamente a un régimen de tipo de cambio flotante, abandonando los controles cambiarios previos. Sturzenegger (2019), presidente del BCRA (2015-2018), explica que el consenso en este tema remitía al trauma del periodo final de la convertibilidad, un régimen de tipo de cambio fijo que derivó en crisis, y a la unión del BCRA al estándar de política cambiaria mundial. Se argumentaba que la flotación libre había demostrado ser el esquema más hábil para absorber shocks externos, impulsar el crecimiento y disminuir la volatilidad macroeconómica.

Si bien cada agregado juega un rol importante, se hace un foco especial en el panorama cambiario, dado que es el segmento de estudio de interés y además es un reflejo del deterioro en los fundamentos macroeconómicos.

La liberalización cambiaria fue la primera medida adoptada. La misma fue total y sin límites en un contexto donde las reservas netas eran negativas y con cierto desconocimiento de la demanda de dinero dados cuatro años previos con controles cambiarios. Los recursos líquidos al salir del cepo eran tan sólo 400 millones de dólares. Si bien este número indica que un ataque especulativo era de alta probabilidad, el mercado abrió con un dólar en 13.9\$ y cerraría en 13.3\$, manteniéndose estable en este rango durante los próximos meses.

Resulta interesante pensar que de no haber habido un cambio radical en la confianza de los agentes, la administración anterior no habría tenido más remedio que una devaluación. Los modelos vistos en la primera sección invitan a pensar que dada la escasez de recursos de la autoridad monetaria, habría existido la necesidad de pasar a un régimen

de flotación y observar un incremento del tipo de cambio satisfaciendo una demanda de dinero mínima lo cual implicaría una caída gigante del crédito doméstico y por tanto un freno repentino de la actividad. Ahora bien, es válido entonces reflexionar que dicha probabilidad lejos está de achicarse por un mero cambio de confianza si se parte de tan malos fundamentos económicos. Aún así, los riesgos de eventos de corrida parecieron borrarse rápidamente del cálculo de los agentes y en particular de las autoridades monetarias, que hicieron de la confianza el pilar del desarrollo de sus políticas y no al revés. La confianza fue tomada como dada en lugar de ser el resultado a lograr.

El régimen de metas de inflación comenzó en Marzo de 2016. Si el tipo de cambio es flotante y la inflación esperada tiende a ser baja, los riesgos de corrida bajarían considerablemente. Esto es así porque en una economía con credibilidad en su moneda, movimientos bruscos en su tipo de cambio no suscitan grandes shocks y los eventos de huida de la moneda local resultan casi improbables mientras la política monetaria funcione con reglas claras (Krugman (1991), Kydland, Prescott (1977)). La gestión de ese momento tuvo ese objetivo.

Entre 2016 y 2017, existió una marcada mejora en el ritmo de aceleración de precios. Si bien no se cumplió con lo esperado, el control de la inflación mediante tasas de interés y un Banco Central que se mostraba independiente al rechazar nuevos adelantos al tesoro a mediados de 2017, parecía dar resultado. El instrumento principal para contraer el excedente monetario heredado era la tasa de las letras (LEBACs) mientras que las metas de inflación se manejaban mediante la tasa de interés. Esta última dio señales de aumento en la demanda de dinero al pasar de 38 % a un 24.75 % en 2016. Además, el mismo periodo vio una expansión del crédito doméstico.

Por el lado fiscal, la situación no daba muestras de avances. Las razones principales fueron tres: el PBI no creció al ritmo esperado, los impuestos se bajaron, y los gastos crecieron de manera inesperada. La falta de ajuste en las cuentas fiscales fue solventado transitoriamente con endeudamiento externo. Esto, sumado a un cambio en las decisiones de ahorro de los agentes, un hecho probablemente endógeno a la política económica del momento, llevaron a un aumento del déficit de cuenta corriente. El BCRA procuró confrontar este influjo de capitales del endeudamiento con un aumento de reservas internacionales, que lo hacía esterilizando mediante la emisión de LEBACs. El objetivo de esto era mermar la apreciación del tipo de cambio, lo cual fue inevitable. La apreciación significaba un aumento de las probabilidades de una corrida bajo el esquema de *carry-trade*⁴ que deja en claro que la acumulación de reservas incluía una prima de riesgo. Lo que sostenía este esquema era nuevamente, la confianza y las expectativas de que los fundamentos mejorarían. Pues las LEBACs podrían ser pagadas tanto por un aumento en el nivel de precios o bien absorbidas mediante monetización bajo un incremento de la demanda de dinero futura.

Para 2017 la inflación continuaba bajando, lo que tenía dos consecuencias. Por un lado,

⁴Entrada de capitales para comprar LEBACs que luego serían vendidos para comprar moneda extranjera

la sostenibilidad de confianza del mercado en la política monetaria. Por el otro, las mayores presiones en el frente fiscal, ya que dificultaba las chances de ajustar por precios. Por esta razón, desde el ministerio de hacienda se presionaba para que las metas fiscales se flexibilicen, mientras que la gestión de finanzas, a cargo del endeudamiento, solicitaba recortar la madurez de las LEBACs y bajar la tasa de interés. Lo que finalmente se terminó dando hacia el final de ese año, ilustrando un escenario de dominancia fiscal (Sargent y Wallace (1981)).

Esto fue el puntapié para la pérdida de credibilidad, que como dijimos, era el pilar de la política económica. Así, el peso comenzó a depreciarse, el riesgo país a subir y la inflación también. La intromisión del tesoro en las reglas del BCRA generaron un shock permanente, que se tradujo en un aumento de la volatilidad. El segundo gráfico de la figura 2

3.2.1. El regreso a la intervención cambiaria

Existieron intentos de la autoridad monetaria para recuperar la confianza en el régimen intentando contener el tipo de cambio al alza. Se creía que sostenerlo reflejaría compromisos en las metas de inflación. No obstante, la intervención provocó la impresión de una política monetaria inconsistente. Al mismo tiempo, crecían las certezas sobre las dificultades del tesoro para re-financiar su deuda, lo que derivó en huídas de los bonos soberanos y las LEBACs. Dado esto, el BCRA comenzó a intercambiar LEBACs por reservas para evitar mayores saltos cambiarios. Ahora se pretendía usar el tipo de cambio como ancla a los efectos de recuperar la credibilidad. No obstante, las estimaciones sobre las presiones en el mismo fueron incorrectas posiblemente por dos factores: la liquidación de divisas del campo fue menor que la esperada (sequía), y la tasa de referencia de la Reserva Federal estaba en aumento, suceso que siempre provoca depreciaciones en monedas emergentes. A lo largo de Mayo, la depreciación fue del 25 %, lo cual ocasionó una recesión. Se colocó un tope de 25 pesos al tipo de cambio para intentar calmar la situación. Adicionalmente, el tesoro no logró refinanciar su deuda, teniendo que recurrir al Fondo Monetario Internacional (FMI).

El FMI advirtió que los problemas estaban vinculados a un esquema de dominancia fiscal. Por ende, el programa pretendía brindar independencia al BCRA en simultáneo con un esquema de reducción de gasto. Sin embargo, el BCRA no podría intervenir en el mercado cambiario salvo excepciones mínimas y la meta de inflación para el 2018 sería quitada por el aumento del ritmo inflacionario. Al momento de anunciar el programa, se quitó el tope de 25 pesos por dólar, lo que hizo saltar el TC en 3 pesos más, lo cual llevó al reemplazo del presidente del BCRA.

3.2.2. La intervención como estrategia

La nueva gestión creía que el TC podía ser controlado bajo intervenciones acertadas induciendo a los especuladores a salir de sus posiciones en corto. Se pasaría entonces a

un esquema de discreción, con el fin de sorprender a los traders en pos de disciplinarlos para acotar la volatilidad. En pocas palabras, el objetivo era anticipar a los agentes. Más allá de lo inadecuada que pueda parecer la política a la luz de la teoría económica, aquí cobra vital relevancia la estimación de riesgos de cola y su correcta parametrización.

Hacia Agosto de 2018, en un intento por reducir el stock de LEBACs, se diseña una estrategia en la que el gobierno emitiera deuda para esterilizar la emisión de LEBACs pagadas a un determinado precio. En caso de que exista un sobrante monetario, el BCRA vendería reservas. Asimismo, los bancos no podrían renovar LEBACs y se moverían a otro instrumento denominado LELIQs⁵. El 15 de Agosto el BCRA no lograría compensar la expansión monetaria dada por la oferta de LEBACs lo que finalmente se tradujo en un incremento del 16 % en la base monetaria que no tardaría en traducirse en una nueva corrida cambiaria en la que el TC pasaría de 30 a 39.6 pesos, teniendo no sólo un nuevo efecto en la actividad sino también en precios. La inflación mensual pasaría a casi duplicarse, llegando a 6.5 % en Septiembre y llegando a Octubre con el diseño de un nuevo programa económico.

3.2.3. Flotación administrada

El nuevo programa se basó en mayores rigideces tanto fiscales como monetarias. En el panorama monetario el objetivo fue que la base monetaria no crezca y en el fiscal se endurecieron las metas de déficit, buscando un déficit cero hacia el final del 2019. En el mercado de cambios, se estableció un esquema de flotación administrada. Esto quiere decir, una banda superior y una inferior de intervención. Entre las bandas, la flotación es libre, si el TC superara la de arriba se venderían reservas, y si cayera por debajo se comprarían. Las bandas incluían un crecimiento pautado del 3 %, que no tardarían en modificarse.

El programa resultó eficaz los primeros meses, bajando la inflación mensual a un 1 % en Noviembre. Esto puso presiones sobre las metas fiscales, por lo cual desde Hacienda se solicitó que se aumentara el ritmo inflacionario y por ende la depreciación de las bandas se extendió para los primeros meses del año. Esto nuevamente derrumbó las expectativas ya frágiles y puso presiones nuevas sobre el TC, a la par que aceleró el ritmo inflacionario. En Marzo, el BCRA intentó revertir la situación aumentando las tasas de interés y congelando las bandas de flotación. No obstante, las presiones sobre el TC no cesaron, teniendo que recibir hacia fines de Abril un waiver del FMI para advertir que podría existir intervención dentro de las bandas de flotación. Básicamente, se regresó a la discrecionalidad. Lo cual logró sostener el TC estable hasta el evento de las PASO⁶, que al dar por perdedor al oficialismo generaron mayor incertidumbre en el mercado dando lugar a una nueva corrida cambiaria que no sólo le volvió a pegar a la actividad sino que también terminó con el programa monetario adoptado, obligando al

⁵Las LELIQs sólo pueden ser poseídas por entidades financieras. A su vez, tienen una madurez acotada de tan sólo 7 días.

⁶Elecciones primarias de la República Argentina

BCRA a volver a los controles cambiarios que se irían reforzando con el correr de los meses. En los siguientes gráficos se exhibe la evolución de las variables abordadas.

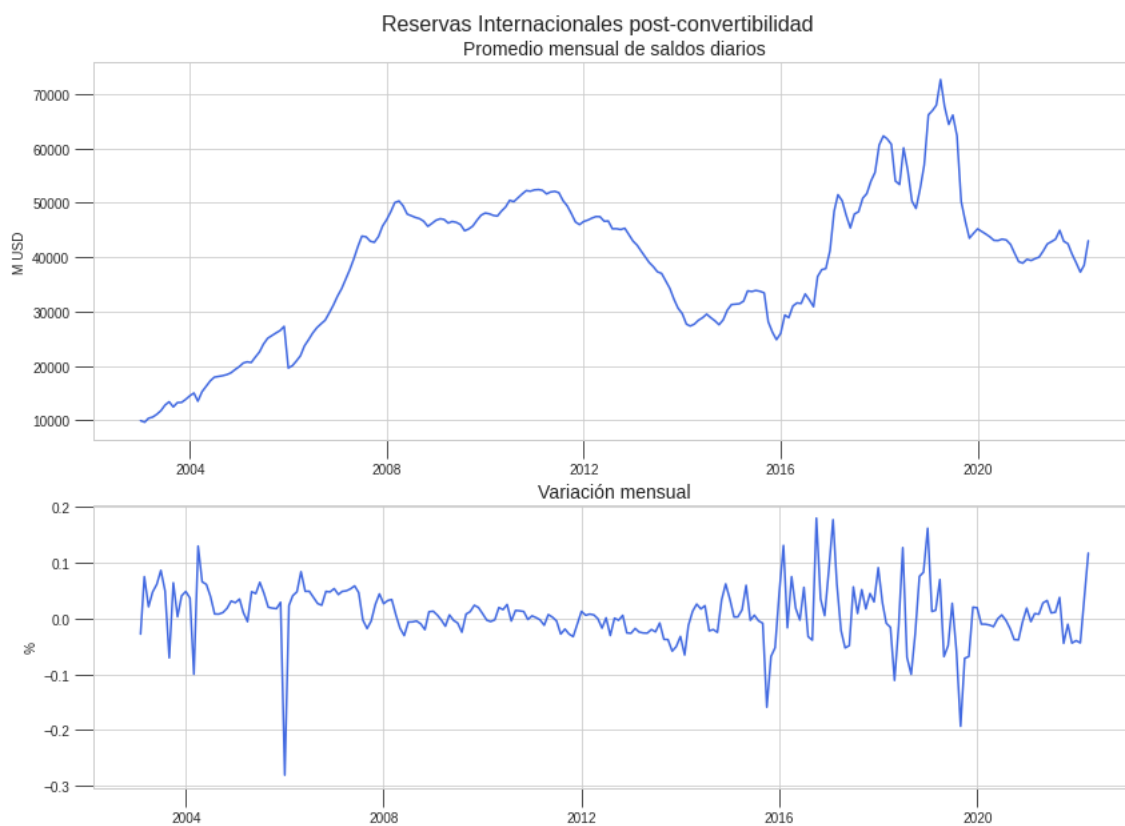
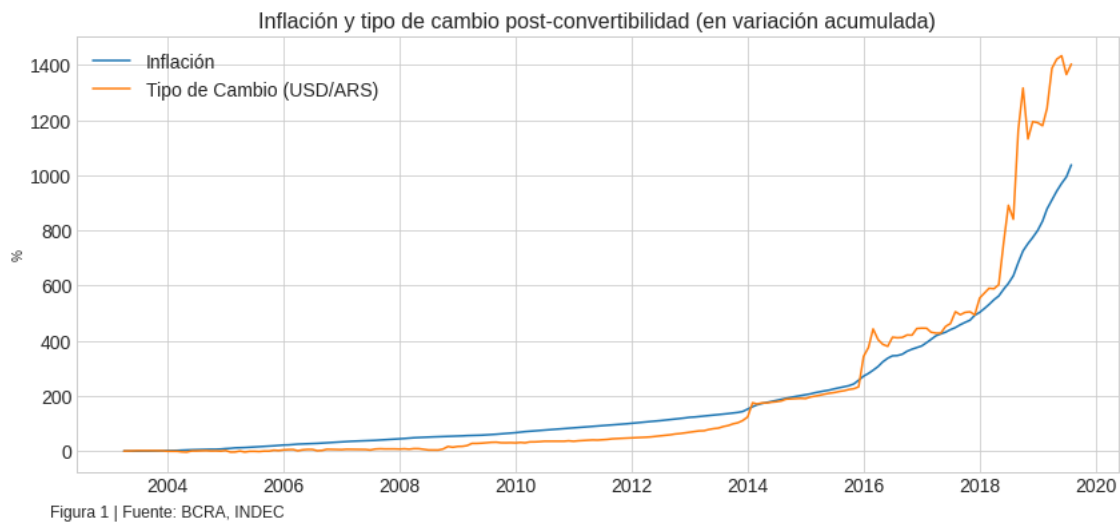


Figura 2 | Fuente: BCRA

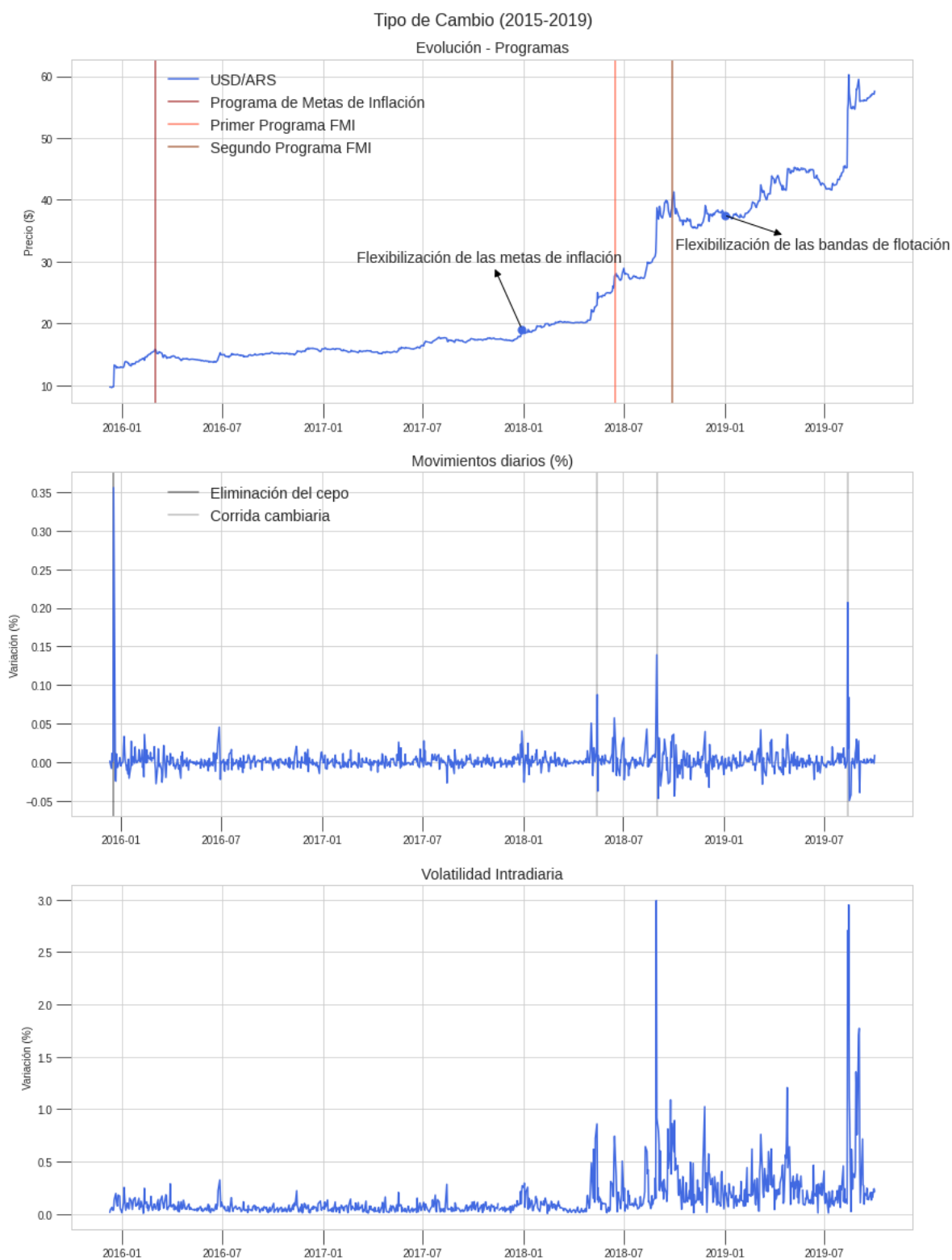


Figura 3 | Fuente: BCRA, Yahoo Finance

4. Administración de riesgos cambiarios: teoría, conceptos y definiciones

Salvando el caso Argentino (2015-2019) que contó con tres tipos de gestiones de política monetaria diferente, la mayor parte de las reglas de intervención cambiaria en el mundo se basan en asuntos de volatilidad (Lafarguette, Veyrune (2021)). Por ejemplo, si el TC se desvía un 2 % de su precio del día anterior, la autoridad interviene. A su vez, la intervención puede ser una regla o discrecional, siendo la primera la más utilizada y respaldada por la academia (Kydland, Prescott (1977)). Las reglas han demostrado ser eficaces al momento de anclar expectativas (Fanelli, Straub (2021)). En esta línea, otra propuesta de regla de intervención se sustenta en desviaciones de la *Uncovered Interest Rate Parity* (UIP)⁷. Lo cierto es que en mercados como el Argentino, de profundidad limitada y baja liquidez, este tipo de intervenciones son difíciles de implementar. Como se explica, para el periodo 2015-2019 no existieron estrategias de intervención que se asemejen. Sin embargo, la finalidad última siempre tiene que ver con proveer estabilidad cambiaria y liquidez, propiedades infaltables para el crecimiento económico.

También resulta relevante pensar que ninguna intervención es gratis (BIS Surveys on FX intervention (2021)). Pues pueden desencadenar:

1. Problemas de riesgo moral, incentivando a los agentes a tomar mayores riesgos.
2. Dificultades para que se desarrolle el mercado local, que trae consigo la necesidad de intervenir con mayor frecuencia. Dado que a menor tamaño del mercado mayor es la volatilidad.
3. Mayores dificultades para ordenar el funcionamiento del mercado de cambios local y favorecer la entrada de inversión extranjera.
4. Inconsistencias entre la política cambiaria y la monetaria, provocando distorsiones y generando confusiones en los agentes, con un consecuente deterioro de la credibilidad.

Si se piensa la intervención como una función a optimizar, tanto el objetivo de política como las circunstancias que garantizan una intervención funcionan como parámetros para una decisión óptima en cuanto al timing, el tamaño y sus impactos. Considerando el caso argentino, se asume que una intervención óptima para prevenir corridas cambiarias debería también buscar evitar las consecuencias mencionadas arriba.

Para ello, se requiere de una regla de intervención que contemple posibles corridas en clave temporal y en dimensión. En todo el periodo 2015-2019 existieron 3 programas distintos en los cuales las formas de intervención variaron, con un BCRA interviniendo

⁷Teoría que establece que la diferencia de tipos de interés entre dos países igualaría el cambio relativo en el TC durante el mismo periodo. Si la misma no se da, entonces hay oportunidades de arbitraje.

en momentos cúlmines, casi sin marco estratégico. Aquí recae parte de la incapacidad para prevenir corridas.

4.1. Modelos VaR

Los mercados financieros modernos requieren de la estimación de diferentes tipos de riesgos que incluyen: riesgo de crédito, operacional, de liquidez, de mercado, entre otros. La medida cuantitativa más ampliamente utilizada para estos riesgos es la denominada *Value-at-Risk* (VaR), utilizada para estimar la peor pérdida potencial de un portafolio en condiciones normales de mercado durante un periodo de tiempo dado.

En definición, Value-at-Risk (VaR) es una medida estadística que cuantifica el grado de una posible pérdida financiera sobre un periodo específico de tiempo (Jorion, 2001) para un nivel de confianza dado. Es utilizada con frecuencia en la administración de portafolios para medir y controlar la exposición al riesgo de las inversiones. Consiste en dos parámetros: el horizonte de riesgo y el nivel de confianza. Siendo $1 - \alpha$ el nivel de confianza y L la pérdida, medida como un número positivo, tenemos:

$$P[L > VaR] \leq 1 - \alpha \quad (1)$$

Por ejemplo, para un $1 - \alpha = 95\%$, el VaR representaría el límite según el cual la probabilidad de una pérdida sea menor a 5% . A su vez, el cálculo del VaR puede ser tanto empírico como paramétrico.

4.1.1. VaR empírico: Historical Simulation (HS)

Conocido como HS (Historical Simulation) VaR, este método asume que todos los posibles valores futuros ya fueron experimentados en el pasado. Si bien tiene ciertas ventajas, como el hecho de no hacer supuestos sobre la distribución de probabilidad de los retornos, tiene la falencia de no poder capturar escenarios que aún no ocurrieron (Alexander, 2008). Otra virtud radica en su cálculo. Teniendo una muestra de N retornos para un lapso de h -días, el HS VaR resulta del cálculo del percentil α de la distribución de retornos ordenados de menor a mayor.

4.1.2. VaR paramétrico

Por otra parte, el método paramétrico trabaja sobre una distribución de probabilidad y requiere de la estimación de la desviación estándar de los retornos. Por ejemplo, si suponemos que la rentabilidad anual de una cartera sigue una distribución Normal: $R \sim N(\mu_R, \sigma_R)$. Entonces: $\frac{R - \mu_R}{\sigma_R} \sim N(0, 1)$, de lo que surge:

$$\alpha = P(R < VaR) = P\left(\frac{R - \mu_R}{\sigma_R} < \frac{VaR - \mu_{VaR}}{\sigma_R}\right) = \Phi\left(\frac{VaR - \mu_{VaR}}{\sigma_R}\right) \quad (2)$$

donde Φ denota la función de distribución de una $N(0, 1)$ que por la propiedad de simetría satisface:

$$\Phi\left(\frac{VaR - \mu_{VaR}}{\sigma_R}\right) = 1 - \Phi\left(-\frac{VaR - \mu_{VaR}}{\sigma_R}\right) \quad (3)$$

De forma tal que:

$$\Phi\left(-\frac{VaR - \mu_{VaR}}{\sigma_R}\right) = 1 - \alpha \Rightarrow -\frac{VaR - \mu_{VaR}}{\sigma_R} = \Phi^{-1}(1 - \alpha) \Rightarrow -\Phi^{-1}(1 - \alpha)\sigma_R + \mu_R \quad (4)$$

Lo que muestra que mientras más alto sea el retorno esperado de la cartera, el VaR es menor. Al mismo tiempo, si la rentabilidad esperada se vuelve negativa, el VaR se hará mayor. Siendo el VaR a un periodo (1 año) y nivel de significación α :

$$VaR = \Phi^{-1}(1 - \alpha)\sigma_R - \mu_R \quad (5)$$

Como el interés está en modelar eventos de suma aleatoriedad, se hará foco en los modelos de este tipo, con el objeto de predecir escenarios no ocurridos en el pasado.

4.1.3. Exchange Rate at Risk (ERaR)

Se denomina Exchange Rate-at-Risk (ERaR) al riesgo de que un movimiento en el TC exceda un cierto nivel de confianza establecido. El concepto surge de extrapolar la definición de Value-at-Risk al campo cambiario. Entonces, los retornos se harán sobre el TC, que en el trabajo será USD/ARS. En línea con el supuesto de normalidad, el ERaR para h -días y un nivel de significación α vendrá dado por:

$$ERaR_{R,\alpha} = \Phi^{-1}(1 - \alpha)\sigma_R \quad (6)$$

Donde σ_R es el desvío estándar de los retornos y $\Phi^{-1}(1 - \alpha)$ es la inversa de la función distribución normal estándar. A su vez, los retornos logarítmicos están definidos como:

$$R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad (7)$$

Donde P_t representa el precio del tipo de cambio en el día t . Como el interés del trabajo está en modelar eventos donde el TC toma valores que pueden considerarse anómalos, o sea, que varían mucho respecto al día previo, nuestro cálculo siempre trabajará con niveles de confianza elevados.

4.2. Teoría de Valores Extremos (EVT)

El riesgo de una corrida cambiaria es, en términos financieros, un riesgo de cola. Llamamos riesgo de cola del precio de un activo financiero a la probabilidad de que el

movimiento de este exceda 3 desviaciones estándar de su precio actual. Se demostró que el TC sufrió fluctuaciones de esta magnitud en el periodo analizado.

Esta subsección pretende acercarse al estudio de las colas de la distribución, que es donde ocurren los eventos extremos. La *Teoría de Valores Extremos* (EVT) se encarga de estudiar eventos raros de los cuales se cuenta con poca información. La misma fue introducida en diversos campos como, por ejemplo, el mercado asegurador (Reiss Thomas (1997)), para estimar ocurrencias de eventos catastróficos que ocasionen grandes pérdidas a las compañías. No obstante, su introducción en el campo financiero es más reciente y aún tiene mucho por recorrer dentro del rubro del *Risk Management*. Gilli y Kőllezi (2006) se enfocan en el cómputo de pérdidas mediante el uso de EVT, dando un soporte teórico sólido para construir modelos estadísticos que describan estos eventos en diversos índices financieros, el cual se ilustra más abajo.

En relación al concepto previamente introducido de ERaR, el uso de EVT viene a colaborar en la respuesta de qué tan grandes pueden ser los shocks cambiarios. El razonamiento es el siguiente: si las corridas cambiarias son riesgos de cola, y la estimación de estos riesgos bien puede ser estimada con EVT, entonces lo que queda es la aplicación del modelo estadístico a la serie USD/ARS. En pocas palabras, el armado de un Modelo ERaR sustentado en EVT.

4.2.1. Método Peak Over Threshold (POT)

La teoría de valores extremos dice que el valor más grande o más pequeño de un conjunto de valores tomados de la misma distribución original tiende a una distribución asintótica que sólo depende de la cola de la distribución original (Vose, 2002). Desde la administración del riesgo el estudio consta de intentar ver las pérdidas que exceden un determinado umbral μ . Este método se denomina *Peak Over Threshold* (POT).

4.2.2. Distribución de los excesos

Dada una función F de una variable aleatoria X , de la cual se desconoce su distribución, F_μ representa la función de distribución de excesos condicional, que se define como:

$$F_\mu(y) = P(X - \mu \leq y \mid X > \mu), \quad 0 \leq y \leq x_F - \mu \quad (8)$$

donde $y = x - \mu$ son los excesos y $x_F \leq \infty$ es el final de la función F . Al mismo tiempo, se demuestra que F_μ puede ser escrita como:

$$F_\mu(y) = \frac{F(\mu + y) - F(\mu)}{1 - F(\mu)} = \frac{F(x) - F(\mu)}{1 - F(\mu)} \quad (9)$$

La estimación de esta función resulta difícil dado que por lo general se tienen pocas observaciones del área que excede μ . Entonces, para aproximar F_μ se utiliza el teorema de Pickands (1975) y Balkema y de Haan (1974).

4.2.3. Teorema del límite para la distribución de excesos

Para una amplia clase de distribuciones de probabilidad F la distribución de excesos condicional F_μ , con un valor grande de μ , se puede aproximar adecuadamente mediante la Distribución de Pareto Generalizada (GPD):

$$F_\mu(y) \approx G_{\xi,\sigma}(y), \quad \mu \rightarrow \infty \quad (10)$$

donde:

$$G_{\xi,\sigma}(y) = \begin{cases} 1 - (1 + \frac{\xi}{\sigma}y)^{(-1/\xi)} & \text{si } \xi \neq 0 \\ 1 - e^{(-y/\sigma)} & \text{si } \xi = 0 \end{cases} \quad (11)$$

Para $y \in [0, (x_F - \mu)]$ si $\xi \geq 0$ e $y \in [0, -\frac{\sigma}{\xi}]$ si $\xi < 0$, $G_{\xi,\sigma}(y)$ es la Distribución Generalizada de Pareto (GPD).

Si x es definida como $x = \mu + y$, la GPD también puede ser expresada como una función de x :

$$G_{\xi,\sigma}(y) = 1 - (1 + \xi(x - \mu)/\sigma)^{-1/\xi} \quad (12)$$

La cola de la distribución se hace más pesada y los picos se agudizan cuando crece ξ (parámetro de forma), mientras que al aumentar σ (parámetro de escala) la parte central de la densidad se aplanan.

Como no se puede setear un límite superior para computar pérdidas financieras, para modelar retornos financieros sólo usaremos distribuciones con $\xi \geq 0$. Si se trabaja con el supuesto de una función GPD para la cola de la distribución, el ERaR puede ser definido como una función de los parámetros de la GPD. Despejando $F(x)$ de (9) obtenemos:

$$F(x) = (1 - F(\mu))F_\mu(y) + F(\mu) \quad (13)$$

y como se establece que F_μ es una función GPD y $F(\mu)$ es $(n - N_\mu)/n$, donde n es el número de observaciones y N_μ el número de observaciones que exceden el umbral μ , se llega a:

$$F(\hat{x}) = \frac{N_\mu}{n} \left(1 + \frac{\hat{\xi}}{\hat{\sigma}}\right)^{-1/\hat{\xi}} + \left(1 - \frac{N_\mu}{n}\right) \quad (14)$$

simplificando:

$$F(\hat{x}) = 1 - \frac{N_\mu}{n} \left(1 + \frac{\hat{\xi}}{\hat{\sigma}}(x - \mu)\right)^{-1/\hat{\xi}} \quad (15)$$

y al invertir (15) para una probabilidad p :

$$ERaR_p = \mu + \frac{\hat{\beta}}{\hat{\xi}} \left(\left(\frac{n}{N_\mu} p \right)^{-\xi} - 1 \right) \quad (16)$$

que es finalmente el valor que se pretende despejar.

4.2.4. Máxima-Verosimilitud

Los parámetros β y ξ se obtienen mediante el método de *Máxima-Verosimilitud* (MLE). Para lograr esto, se escoge el umbral μ y se ajusta la GPD para los excesos. El método MLE selecciona las estimaciones $\hat{\beta}$ y $\hat{\xi}$ que maximizan la función de verosimilitud:

$$L(\hat{\beta}, \hat{\xi}|y) = \max_{\beta, \xi} L(\beta, \xi|y) = \prod_{i=1}^n g_{\beta, \xi}(y_i) \quad (17)$$

Donde $g_{\beta, \xi}(y_i)$ es la función de densidad de la GPD, mientras que $y = \{y_1, \dots, y_i\}$ son las observaciones.

4.3. EVT condicional

En los apartados anteriores se consideró únicamente la posibilidad de que los retornos sobre el TC tengan varianza incondicional (constante). No obstante, esto no es lo que ocurre en la realidad, donde los retornos suelen exhibir cierta heteroscedasticidad y autocorrelación. De hecho, la existencia de corridas cambiarias es un factor que influye positivamente en esta naturaleza. Por lo tanto, la teoría previa puede fallar en proveer resultados adecuados en días donde la volatilidad aumenta, un patrón visible en el periodo estudiado. Por ello, la siguiente subsección introduce un modelo en el que la volatilidad es dinámica. Es decir, varía con respecto al tiempo.

4.3.1. El TC como proceso estocástico

El presente trabajo contempla los movimientos al alza del TC del mismo modo que se utilizarían los retornos en el ámbito financiero. Nuevamente, $R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$ denota la tasa de retorno compuesto desde $t-1$ a t , siendo P_t el TC en el momento t . Se asume que la serie de tiempo de interés es un proceso estocástico, y por consiguiente, puede ser descompuesta en dos partes, una predecible y otra no, teniendo:

$$R_t = \mu_t + \sigma_t Z_t = E(R_t|I_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (18)$$

con σ siendo la volatilidad y μ el movimiento esperado del TC. Por su parte, Z_t representa variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas (ruido blanco) con distribución $F_Z(Z) \sim N(0, \sigma_Z)$. Al mismo tiempo, I_{t-1} es el conjunto de información en el momento $t-1$, E el operador de la esperanza condicional y ε_t es la parte no predecible del proceso, llamada perturbación o simplemente error. Precisamente, se busca la distribución de probabilidad condicional $F_{R_{t+1}|F_t}(r)$, donde F_t es la historia del proceso R_t hasta el día t . En definición, esto sería la distribución de los movimientos proyectados para el día siguiente.

El interés está en estimar los cuantiles de la cola de la distribución. Si se da que:

$$F_{R_{t+1}|F_t}(r) = P(\mu_{t+1} + \sigma_{t+1} Z_{t+1} \leq r | F_t) = F_Z\left(\frac{r - \mu_{t+1}}{\sigma_{t+1}}\right) \quad (19)$$

Teniendo una distribución para R_t y Z_t , se deduce que es posible estimar los cuantiles de la distribución de $F_{R_{t+1}|F_t}(r)$ con los cuantiles de la distribución de Z_t . Por lo que el procedimiento sería pronosticar la volatilidad condicional, σ_{t+1} y el movimiento esperado μ_{t+1} , calcular los residuos y aplicarle la GPD (EVT) a la cola de $F_Z(Z)$, para luego estimar el $ERaR_p$.

4.3.2. Un modelo AR(1)-EGARCH(1,1)

Con la ecuación (17), se considera al movimiento esperado del TC como una esperanza condicional de orden autoregresivo AR(1):

$$E(R_t|I_{t-1}) = c_0 + cR_t \quad (20)$$

El proceso autorregresivo permite captar la relativa autocorrelación inducida por la discontinua o asincrónica compra-venta de moneda extranjera, de forma análoga al trading de stocks (Scholes y Williams (1977)). Por su parte, la varianza condicional, correspondiente a la parte no predecible, está representada por un proceso ARCH (Engle (1982)) de la forma: $\varepsilon_t = \sigma_t Z_t$, que como se ve no depende del tiempo, efecto que como se dijo resulta imprescindible captar. Para este motivo, los modelos ARCH (p) expresan la varianza condicional como una función lineal de sus realizaciones pasadas, siendo:

$$\sigma_t^2 = a_0 + \sum_{i=1}^p b_i \sigma_{t-i}^2 \quad (21)$$

un modelo ARCH(p) que predice la volatilidad en t basado en la volatilidad de las p realizaciones anteriores.

Bollerslev (1986) generaliza el modelo ARCH introduciendo el GARCH, mediante la premisa de que la volatilidad de mañana no depende sólo de las realizaciones anteriores sino también del error en la volatilidad predecida. En consecuencia, un modelo GARCH(1,1), que implica que existe un lag autoregresivo en la varianza y un lag en el residuo, define la varianza condicional en t como:

$$\sigma_t^2 = a_0 + a\varepsilon_t^2 + b\sigma_{t-1}^2 \quad (22)$$

Donde las constantes a, b deben ser no negativas y $a_0 > 0$ para evitar que la varianza sea negativa. Si $a + b < 1$ entonces el proceso Z_t es estacionario en sus covarianzas y su varianza es igual a:

$$\sigma^2 = \frac{a_0}{1 - a - b} \quad (23)$$

Los modelos GARCH(1,1) son extensamente utilizados en el estudio de series de tiempo financieras porque logran capturar de forma exitosa retornos con colas pesadas y agrupar adecuadamente la volatilidad diaria. Si el cambio es pequeño, el cambio siguiente también lo es, y viceversa. Sin embargo, cuenta con algunas limitaciones, como el hecho de que el resultado de σ_t^2 depende de la magnitud de ε_t y no así del signo. Black (1976)

demuestra que la volatilidad puede aumentar como respuesta a malas noticias $\varepsilon_t < 0$. En la misma línea, Brooks y Persaud (2003) establecen que un modelo VaR que no tenga en cuenta asimetrías en la especificación de la volatilidad puede generar predicciones incorrectas. Para evitar esta y otras inconveniencias del modelo GARCH(1,1), Nelson (1991) propone un modelo EGARCH(p,q) que captura con éxito estas asimetrías y además no requiere la imposición de restricciones a la hora de estimar el modelo. Tomando $p = 1, q = 1$, la varianza condicional queda:

$$\ln(\sigma_t^2) = a_0 + a \frac{|\varepsilon_{t-1}|}{|\sigma_{t-1}|} + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + b \ln(\sigma_{t-1}^2) \quad (24)$$

El presente estudio utiliza un EGARCH(1,1) a la hora de estimar la volatilidad condicional no sólo por lo mencionado anteriormente sino porque provee mejores resultados que un GARCH(1,1) para la serie del TC analizada.

4.3.3. Estimación - ERaR condicional

Para la estimación, se recurre al método *Quasi-Maximum Likelihood Estimator* (QMLE) propuesto por Bollerslev y Wooldridge (1992) por demostrar ser consistente y proveer errores estándar asintóticos válidos bajo el supuesto de no normalidad. Se define el vector de parámetros a estimar como $\hat{\theta} = (\hat{c}_0, \hat{c}, \hat{a}_0, \hat{a}, \hat{b})$. Luego, se especifica el estimador QMLE del parámetro θ como $\hat{\theta}$, el cual maximiza la función de quasi-máxima verosimilitud:

$$\hat{\theta} = \operatorname{argmax}_0 L(\theta) \quad (25)$$

Una vez que se estiman los parámetros, se calculan los vectores de la media condicional $(\hat{\mu}_{t-n+1}, \dots, \hat{\mu}_t)$, los desvíos estándar $(\hat{\sigma}_{t-n+1}, \dots, \hat{\sigma}_t)$ y los residuos estandarizados $(Z_{t-n+1}, \dots, Z_t) = \left(\frac{R_{t-n+1} - \hat{\sigma}_{t-n+1}}{\hat{\sigma}_{t-n+1}}, \dots, \frac{R_t - \hat{\sigma}_t}{\hat{\sigma}_t} \right)$. Se asume que los residuos son ruidos independientes y bajo ese supuesto se calculan las proyecciones para los días siguientes como:

$$\begin{aligned} \hat{\mu}_{t+1} &= \hat{c}_0 + \hat{c}R_t, \\ \sigma_{t+1}^2 &= \hat{a}_0 + \hat{a}(R_t - \hat{\mu})^2 + b\hat{\sigma}_t^2 \end{aligned}$$

Después, se ajusta la cola de la distribución de los residuos Z_t con GPD. Para ello, se ordenan los residuos estandarizados de menor a mayor. Luego, se toma el umbral $u = z_{k+1}$, siendo $k+1$ el estadístico de orden $(k+1)$, con $k = N_u$. Lo que se utiliza para aplicar la GPD a los excesos sobre μ con el método de máxima-verosimilitud. De nuevo, se usa (16) para llegar a $ERaR_\alpha(Z)$. Finalmente se estima el ERaR como:

$$ERaR_\alpha^t(\Delta R) = \hat{\mu}_{t+1} + \sigma_{t+1} ERaR_\alpha(Z) \quad (26)$$

Donde $VaR_\alpha(Z)$ es el cuantil $(1 - \alpha)$ de la distribución de los residuos Z_t .

5. Aplicación

5.1. Distribución de probabilidad de los movimientos

En un inicio se toma la serie histórica del tipo de cambio para el periodo 2015-2019, y se construye una serie adicional con los retornos logarítmicos diarios (movimientos). Para más adelante calcular los ERaR utilizando los métodos paramétricos expuestos previamente, enfatizando en aquellos emparentados con EVT.

Previo al cálculo de los ERaR con las distintas metodologías, se construyen dos gráficos que vislumbran la distribución de los retornos del TC, así como la distribución en la cola derecha, aquella donde ocurren los valores extremos. De la misma manera, se examinan dos gráficos de cuantiles de los retornos (QQ plots), uno para el total de los retornos y una distribución normal, y otro para los retornos de cola y una GPD. Estos gráficos pretenden observar qué tipo de distribución ajusta mejor previo a la realización de cualquier métrica de riesgo cambiario.

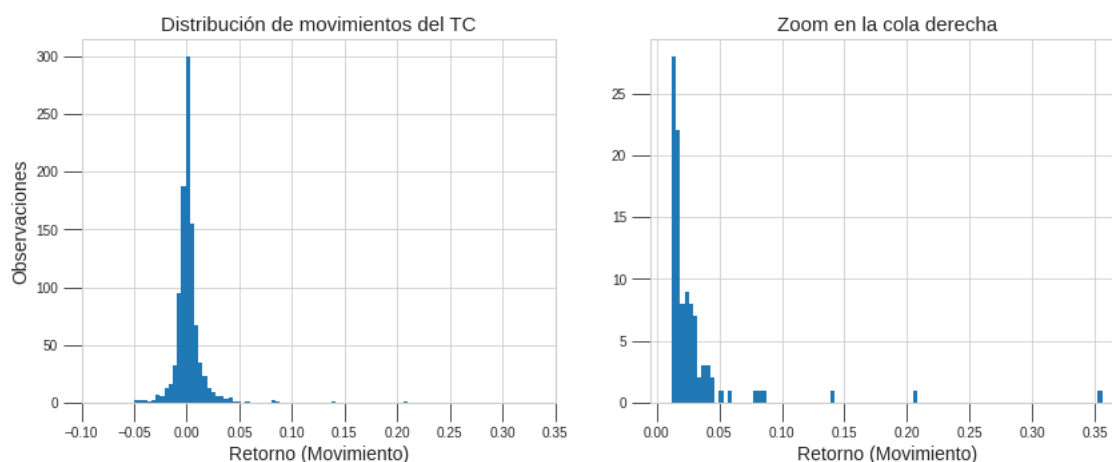
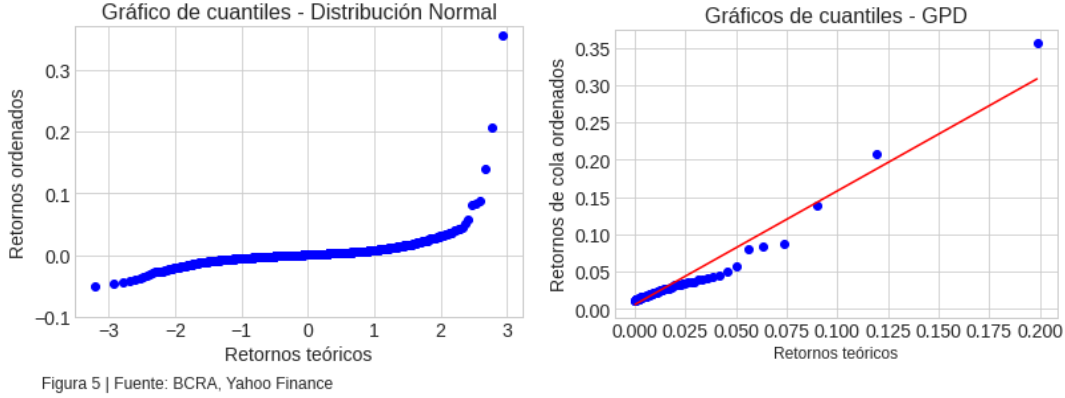


Figura 4 | Fuente: BCRA, Yahoo Finance

Como se puede observar, la elevada curtosis muestra de forma clara que la distribución no puede ser asumida normal. Del mismo modo, la distribución de los retornos en la cola derecha de la distribución (aquella donde están los mayores saltos cambiarios) también está lejos de ser normal, dado que ni siquiera es simétrica. Esto es parte del motivo por el cual el foco en el presente trabajo está puesto en la modelización bajo EVT.



Los gráficos de cuantiles permiten ver cómo la distribución de los retornos no ajusta de una forma estrictamente lineal a una normal. Por el lado de los retornos de cola, aquellos movimientos que exceden al 90 % de las observaciones, la GPD con parámetros $\beta = 0,0084$ y $\xi = 0,5217$ (estimados a partir de la serie) muestra un ajuste un tanto más lineal.

Métrica	ARS/USD
Observaciones	993
Media	0.001933
Desvío Estándar	0.017686
Mínimo	-0.049702
25 %	-0.003343
50 %	0.000286
75 %	0.004475
Máximo	0.355948
Asimetría	10.4658
Curtosis	184.2253

Tabla 1: Estadísticas descriptivas de los retornos logarítmicos del tipo de cambio ARS/USD (2015-2019)

Los movimientos del TC, con asimetría distinta de cero y curtosis extremadamente mayor a 3, no siguen una distribución normal en el periodo de análisis, lo que sirve de guía para pensar que en periodos donde la volatilidad cambiaria crece, el comportamiento de esta serie de tiempo tiende a poner cada vez más peso en su cola derecha. Este comportamiento tiene una elevada incidencia en el cálculo del ERaR, especialmente porque el interés está en analizar el límite superior de la distribución.

5.2. GPD ERaR

5.2.1. ERaR incondicional

Luego del análisis descriptivo, se procede a usar la cola derecha de la distribución empírica de los movimientos del TC para aplicar EVT y estimar el GPD ERaR. Se toma la serie de movimientos del TC y se procede de acuerdo a lo explicado en el apartado (4.2). Como toda la estimación se hace con el uso de Python⁸, esto permite ir calculando diariamente el umbral u al 90 %. A partir de este dato y nuevamente de los movimientos, se estiman los parámetros de escala (β) y forma (ξ) para cada día. El objetivo está en hacer todos los parámetros de la distribución lo más variables posible, con el fin de ir estimando la distribución de probabilidad de forma diaria y que ésta logre reflejar de manera precisa el contexto dado. Por ejemplo, el parámetro de forma ξ crece acorde aumenta la volatilidad. Como se vio en la primera sección, está última variable va cambiando a lo largo del tiempo y de forma muy rápida, por lo que es necesario ir re-estimando los parámetros diariamente. Bajo el uso de la librería Pandas⁹ en Python, fue posible realizar el cálculo de los parámetros para cada día de forma recursiva, tomando una ventana de 10 días para todos los parámetros de la GPD. Por último, con la fórmula (16) se estima el ERaR para cada día de la serie. Los niveles de confianza utilizados son del 95 % y 99 %.

5.2.2. ERaR condicional

La siguiente operación es sobre la EVT condicional, donde la volatilidad es estocástica. Como se vio en la ecuación (17), se asume que los movimientos son un proceso estocástico y se estima la media y volatilidad condicional futura de cada día. Es decir, se predice el comportamiento del tipo de cambio. El modelo utilizado para la proyección es un AR(1)-EGARCH(1, 1), explicado anteriormente, cuyos componentes se muestran en la tabla 2.

⁸Lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta parcialmente la orientación a objetos, programación imperativa y funcional. Es un lenguaje interpretado, dinámico y multiplataforma.

⁹Librería de manipulación y análisis de datos.

Coefficiente	AR(1) - EGARCH(1,1)
Media condicional	
c_0	-0.00016237 (0.0002914)
c	0.1877 (0.132)
Varianza condicional	
a_0	-0.2984 (0.191)
a	0.4103 (0.124)
b	0.9575 (0.02042)
Log-Likelihood	2998.53
AIC	-5987.06
BIC	-5962.59

Tabla 2: Parámetros estimados del modelo (los números entre paréntesis corresponden a los desvíos estándar de cada coeficiente)

Una vez calibrado el modelo, se procede con el cálculo de los residuos estandarizados, los cuales se ajustan con GPD para calcular el $ERaR(Z)$ y obtener el $ERaR$ condicional. Esto es, se ordenan los datos de menor a mayor y se obtiene el umbral $u = 1.01832$ correspondiente al percentil 90 %, o sea el valor a partir del cual se consigue el 10 % de los movimientos diarios más amplios del tipo de cambio. Con este dato se estiman los parámetros $\beta = 0.5568$ (0.09364) y $\xi = 0.4277$ (0.14154) utilizando MLE. Así, se obtienen los $ERaR_{95\%}(Z)$ y $ERaR_{99\%}(Z)$. Con esto, es posible estimar el $ERaR$ para cada día, tomando la media y la volatilidad condicional estimadas para el periodo de análisis, con la fórmula (25).

6. Backtesting

A los efectos de evaluar los métodos presentados, se comparan las estimaciones de los ERaR con los movimientos diarios del TC. Con esto, se examinan el número y el tamaño de las excepciones (hits), que son los valores que subestiman la amplitud del movimiento del TC.

La aplicación se hace sobre la serie histórica de movimientos logarítmicos del TC USD/ARS que va desde el 12/10/2015 hasta el 1/10/2019. Se estima un ERaR para cada día y se verifica que la cantidad de excepciones no exceda el número teórico (aquel establecido por el nivel de significación).

6.0.1. Cobertura incondicional

Si el $ERaR_{p,t+1}$ estimado y el movimiento actual del TC R_{t+1} son comparados, el hit del ERaR se define como:

$$H_{t+1} = \begin{cases} 1, & \text{si } R_{t+1} > ERaR_{p,t+1} \\ 0, & \text{si } R_{t+1} < ERaR_{p,t+1} \end{cases} \quad (27)$$

De donde se contruye una secuencia de hits $\{H_{t+1}\}_{t+1}^T$ siendo T el número de días sobre los que se hace el backtesting. Como hipótesis nula, se asume que $P[H_{t+1} = 1] = A$ siendo $A = \alpha$, lo que es igual a decir que $H_{t+1} \sim Ber(A)$ *iid*¹⁰ (Kupiec, 1995).

Asintóticamente, este test es una chi-cuadrado con un grado de libertad (χ^1), y tiene la particularidad de poder rechazar un modelo tanto por altos como por bajos hits. Es fundamental mencionar que resulta apresurado condicionar la efectividad de un modelo utilizando solamente el test incondicional de Kupiec, dado que no mide la distancia entre lo observado y lo estimado y su única referencia es la cantidad de excepciones. La tabla a continuación muestra los resultados obtenidos.

Test Incondicional de Kupiec								
Metodología	T	# de hits	% de excepciones	α_{ERaR}	Ratio de Verosimilitud	p-valor	H_0 ($\alpha = 5\%$)	H_0 ($\alpha = 1\%$)
Normal ERaR 95 %	976	51	5.2254 %	5 %	0.1681	68.1806 %	No Rechazo	No Rechazo
Normal ERaR 99 %	976	18	1.8442 %	1 %	5.8337	1.5722 %	Rechazo	No Rechazo
GPD ERaR 95 %	976	85	8.709 %	5 %	23.37	0 %	Rechazo	Rechazo
GPD ERaR 99 %	976	65	6.6598 %	1 %	139.2323	0 %	Rechazo	Rechazo
GPD-EGARCH ERaR 95 %	976	17	1.7418 %	5 %	28.8248	0 %	Rechazo	Rechazo
GPD-EGARCH ERaR 99 %	976	0	0 %	1 %	-	-	Rechazo	Rechazo

¹⁰variables independientes e idénticamente distribuidas

6.0.2. Análisis de resultados

Como es posible ver, el enfoque introducido de EVT incondicional subestima los movimientos del TC en una cuantía mayor al método paramétrico Normal para ambos niveles de confianza. Siendo el ERaR Normal al 95 % de confianza el único método que no rechaza la hipótesis nula para los dos tests. Por otro lado, se observa fácilmente que los modelos contruidos son los que menor cantidad de hits suman, aunque tienen la falencia de ser menos de los que debería haber para poder asumir que $H_{t+1} \sim Ber(A)$. Es decir, deberían existir mayores excepciones para los dos niveles de confianza. Específicamente, se esperaban 49 hits para el GPD-EGARCH ERaR 95 % y 10 para el GPD-EGARCH ERaR 99 %. Esto hace pensar que los modelos quizás se alejen de la realidad de los movimientos del TC. No obstante, enseguida se exponen los gráficos para cada método utilizado, donde puede contemplarse que los modelos AR(1)-EGARCH(1,1), a pesar de contar con pocos hits, se ajustan mejor que los demás a la trayectoria del TC. Asimismo, se realizan algunas consideraciones acerca de los parámetros de cada distribución.

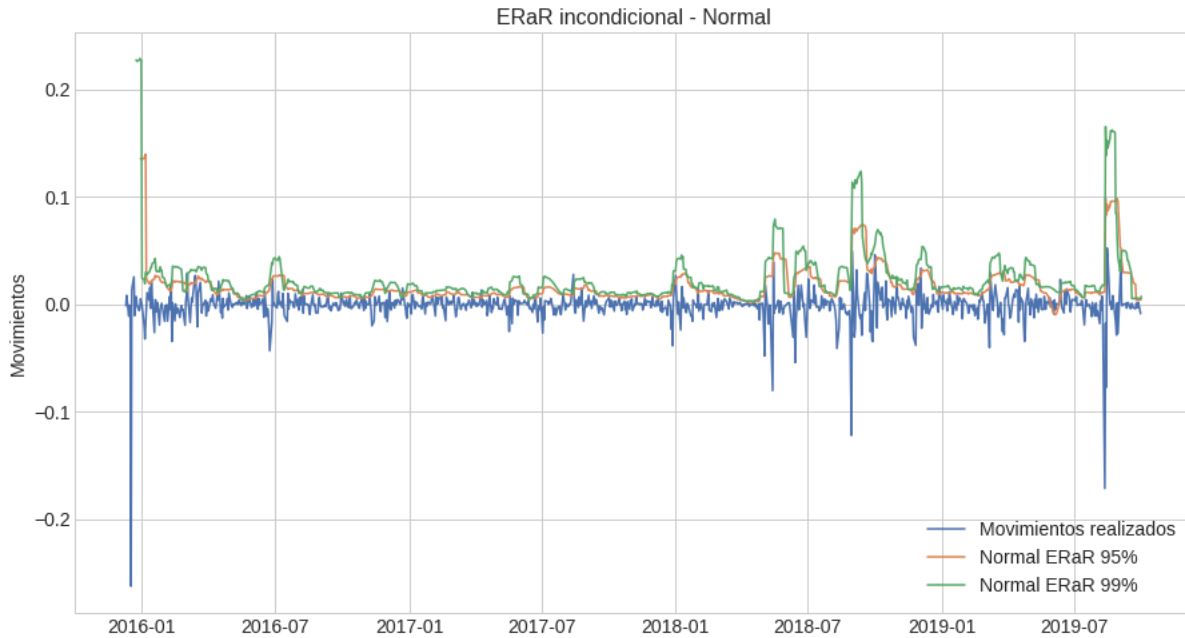


Figura 6 | Fuente: BCRA, Yahoo Finance

El enfoque Normal representa un punto de referencia para las estimaciones paramétricas. Si bien no rechaza la hipótesis nula, en algunos días se puede observar que toma valores muy pequeños, subestimando los movimientos del TC incluso cuando estos no son tan elevados. Esto ocurre porque los parámetros de la distribución son re-estimados con una ventana de observación de 10 días, por lo que si hay muchos días consecutivos de apreciación, no es posible estimar un movimiento al alza muy brusco. Esta limitación puede ser mermada tomando una ventana de más días (lo cual también puede

subestimar los movimientos del TC cuando la volatilidad aumenta), o bien modificando el criterio de estimación de los parámetros. En este caso, se procuró ser consistente y evaluar todos los métodos del mismo modo.

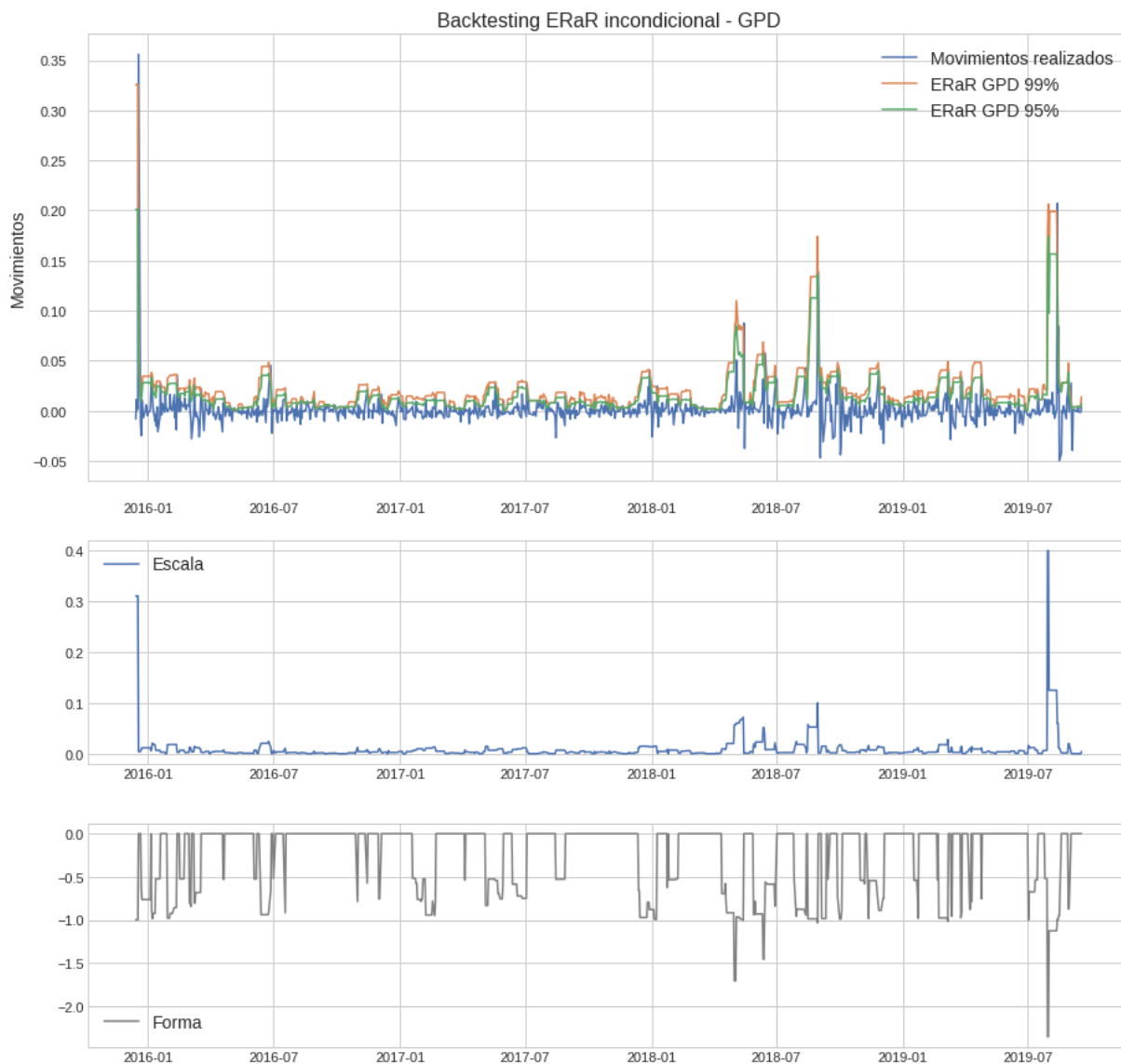


Figura 7 | Fuente: BCRA, Yahoo Finance

El ERaR incondicional estimado con GPD también tiene el problema de subestimar movimientos no significativos. Sin embargo, se puede ver que la distribución ajusta rápidamente al alza cuando la volatilidad aumenta. Esto se puede interpretar con los parámetros de escala y forma. Cuando la escala (ξ) aumenta, las colas de la distribución se hacen más pesadas mientras los picos se afinan. Del mismo modo, cuando la forma (β) decrece la parte central de la densidad se hace más delgada. Vemos que esto

ocurre en periodos de volatilidad creciente, con el modelo capturando dicho fenómeno y totalizando ERaRs más altos.

El ajuste pobre de este método no se asocia al valor de las excepciones, sino a la sincronía de las mismas, ya que el ERaR suele dispararse previo a la ocurrencia de movimientos bruscos y caer justo el día en que ocurren. Esto es palpable para las tres corridas cambiarias: 15-05-2018, 31-08-2018 y 13-08-2019. En otras palabras, el modelo consigue incorporar correctamente la magnitud de los movimientos pero falla en los días de ocurrencia. Empero, también puede mirarse como una ventaja, ya que ofrece una especie de «cobertura» al subir de forma anticipada a la realización efectiva de los mismos.

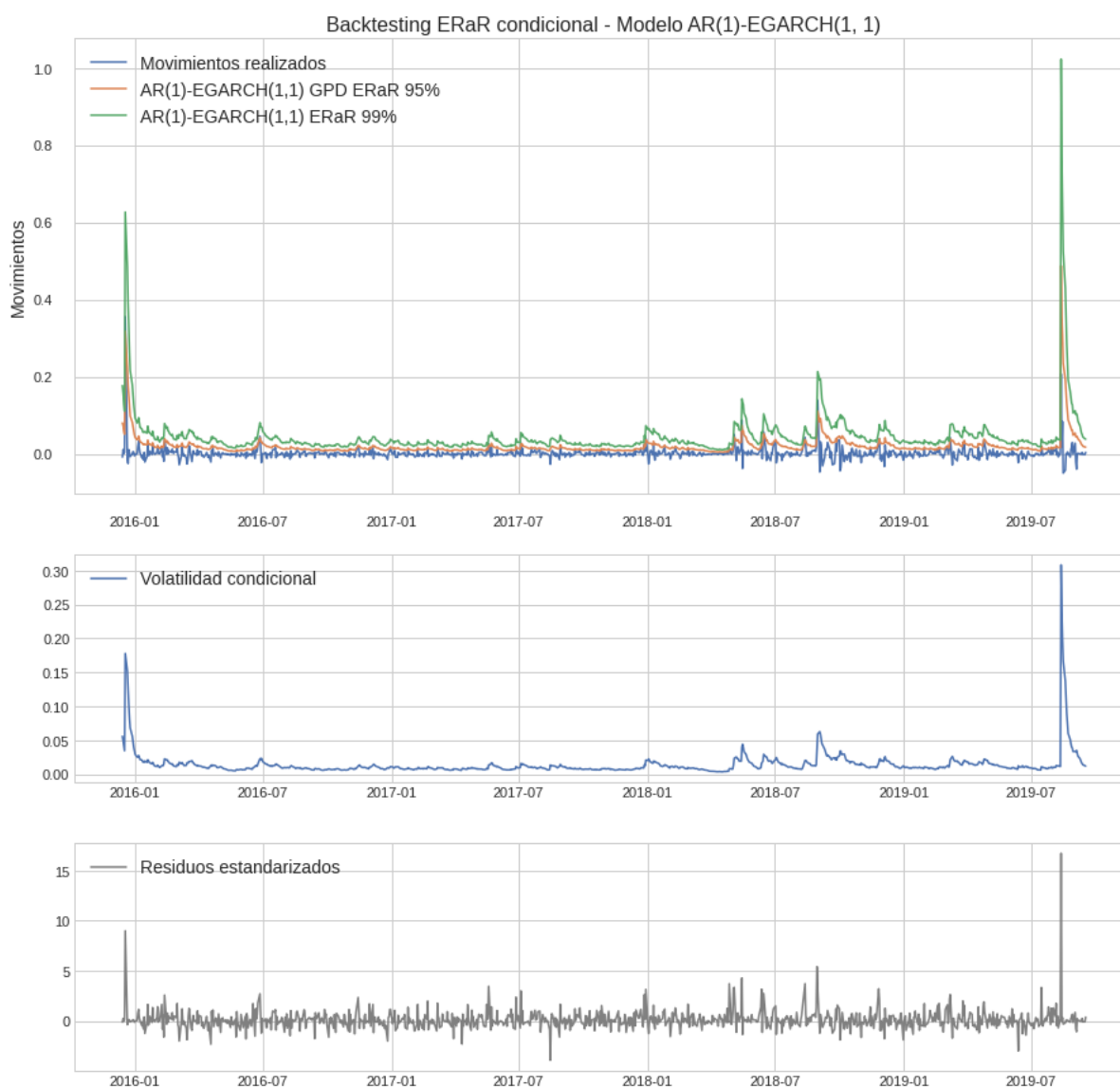


Figura 8 | Fuente: BCRA, Yahoo Finance

La serie del ERaR incondicional calculado en base al modelo AR(1)-EGARCH(1,1), si bien cuenta con menos excepciones que las necesarias para no rechazar la hipótesis nula del test de Kupiec, es la que mejor sigue la forma de los movimientos del TC en el tiempo. Además, logra capturar de modo muy preciso los aumentos de volatilidad y carece del problema de sincronía del método anterior. Al hacer un acercamiento a los datos, la estimación se acerca muy bien a los eventos de corrida cambiaria explicados. Para el 05-15-2018, el $ERaR_{95\%}$ es de 7.3862 %, frente a un movimiento del TC de 8.7496 %. El $ERaR_{99\%}$, por su parte, da 14.2733 %. Para la otra corrida del mismo año, correspondiente al 31-08-2018, el $ERaR_{95\%}$ arrojado fue 11.0929 % y el $ERaR_{99\%}$ de 21.3303 %, contra 13.9189 % realizado.

El $ERaR_{99\%}$ calculado con este método tiende a sobreestimar en exceso los eventos de corrida cambiaria. Mientras que a un nivel de confianza menor, el ERaR se aproxima mejor a los eventos disruptivos, con leves subestimaciones. Lo más destacable del modelo es la menor pérdida con respecto a los modelos anteriores. Si se espera que un modelo colabore con el proceso de intervención cambiaria, del conjunto estudiado este resulta el mejor más allá de entrar en zona de rechazo.

7. Conclusiones

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la naturaleza de las corridas cambiarias a la luz de la teoría económica existente, examinar el caso argentino para el periodo 2015-2019, y posteriormente evaluar una serie de modelos de estimación de riesgo cambiario. Los eventos de corrida cambiaria recientes generan una motivación en intentar no sólo comprender de forma clara el fenómeno sino de también buscar formas de anticipar su momento y magnitud. La evaluación de los distintos ERaR paramétricos, junto con la introducción de teoría de valores extremos en su cálculo, tiene el fin de colaborar en esta tarea.

Si bien los resultados obtenidos no lograron satisfacer del todo las expectativas, se concluye que los modelos evaluados pueden ser útiles no sólo para la administración de riesgos cambiarios sino también para todo el mercado financiero en su rol de anticipar el comportamiento del tipo de cambio. Asimismo, el estudio pretende generar un debate en torno a la mejora de los modelos presentados, como también invitar a discutir nuevas formas de intervención para países con tipo de cambio flotante.

Un esquema de intervención sustentado en una medida de ERaR diaria puede ser beneficioso por dos grandes razones. En primer lugar, la intervención se daría en la misma proporción tanto del lado de compra como de venta. La regla sería que cuando el TC supera el ERaR estimado diario, la autoridad intervenga. En segundo lugar, la métrica puede resultar más que útil en tiempos de elevada volatilidad cambiaria, cuando se requiere mayor agilidad y rapidez por parte de la autoridad. Si esto se da en forma de regla, el mercado opera sabiendo que el TC no se podría mover más allá de la banda limitada por el ERaR. Por el otro lado, si esto se da en un marco discrecional, los modelos pueden servir para anticipar posibles ataques especulativos desde el mercado. Esto no implica la disolución de movimientos cambiarios, lo cual también representaría un problema para el funcionamiento macroeconómico, sino disminuir movimientos cambiarios de elevada magnitud. Alivianar los shocks cambiarios, que traen consigo efectos negativos para la economía.

Cuando se trata de velar por la estabilidad macroeconómica, es necesario utilizar todo el material que se tenga al alcance, intentando cubrir el tópico estudiado desde diversas aristas. Por eso este análisis sobre riesgo cambiario no se vuelca en forma directa al segmento econométrico-financiero, y previamente repasa la teoría económica así como la historia. Estos últimos elementos procuraron darle robustez al trabajo, y trazar una guía sobre cómo se recorrió el tema. Así como en las finanzas la valuación es el último paso de un análisis top-down¹¹, el armado del modelo significó el paso final de un proceso de estudio más extenso, que fue de lo teórico a lo empírico, y de ahí al caso particular.

Se espera que existan mayores investigaciones en torno a este tema al igual que más estudios sobre la volatilidad cambiaria argentina. Este fenómeno sin dudas aqueja a la

¹¹Este tipo de análisis se centra en lo general, y de ahí se dirige a lo particular. Va de lo macro a lo micro. Se puede decir que utiliza un método similar al deductivo.

sociedad entera y perturba el correcto funcionamiento de la economía. Contribuir en mejorar esto se torna crucial.

Referencias

- [1] P. Krugman, *A Model of Balance-of-Payments Crises*. Ohio State University Press, 1979. dirección: <https://www.jstor.org/stable/1991793>.
- [2] P. Flood R.; Garber, *Collapsing Exchange-Rate Regimes*. Journal of International Economics, 1984.
- [3] P. Patel N.; Cavallino, *FX Intervention: Goals, Strategies and Tactics*. Reserve Management y FX Intervention, 2019, ISBN: 9789587194609. dirección: <https://ssrn.com/abstract=3497860>.
- [4] M. Obstfeld, *Models of currency crises with self-fulfilling features*. European Economic Review, 1996.
- [5] G. Calvo, *Servicing the public debt: the rol of Expectations*. The American Economic Review, 1988.
- [6] A. Chang R.; Velazco, *Financial Crises in Emerging Markets: A Canonical Model*. NBER Working Papers, 1998.
- [7] P. Krugman, *Balance Sheets, the Transfer Problem, and Financial Crises*. Kluwer Academic Publishers, Boston., 1999.
- [8] C. Kaminsky G.; Reinhart, *The Twin Crises: The causes of Banking and Balance-Of- Payment Problem*. American Economic Review, 1998.
- [9] L. Krugman P.; Taylor, *Contractionary Effects of Devaluation*. Journal of International Economics, 1976.
- [10] F. Sturzenegger, *Macri's Macro: The Meandering Road to Stability and Growth*. Brookings Papers on Economic Activity, 2019.
- [11] N. Sargent T.; Wallace, *Some Unpleasant Monetarist Arithmetic*. Federal Reserve Bank of Minneapolis, 1981.
- [12] E. Kydland F.; Prescott, *Rules Rather than Discretion: The Inconsistency of Optimal Plans*. Journal of Political Economy, 1977.
- [13] L. Fanelli S.; Straub, *A Theory of Foreign Exchange Interventions*. The Review of Economic Studies, 2021.
- [14] R. Lafarguette R.; Veyrune, *Foreign Exchange Intervention Rules for Central Banks: A Risk-based Framework*. IMF Working Papers, 2021.
- [15] *BIS Surveys on FX Intervention*. Bank of International Settlements, 2021. dirección: https://www.bis.org/stats_triennial_surveys/index.htm.
- [16] E. Gilli M.; Këllezi, *An Application of Extreme Value Theory for Measuring Financial Risk*. Computational Economics 27(1), 2006, 1-23, 2006.
- [17] J. Baran J.; Witzany, *A Comparison of EVT and Standard VaR Estimations*. Bulletin of the Czech Econometric Society, 2012. dirección: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:czx:journl:v:19:y:2012:i:29:id:185>.

- [18] L. Balkema A.; de Haan, *Residual life time at great age. Annals of Probability* 2, 1974.
- [19] J. Pickands, *Statistical inference using extreme value order statistics. Annals of Statistics* 3, 1975.
- [20] J. Krzysztof E.; Malgorzata, *Value at Risk Estimation Using the GARCH-EVT Approach with Optimal Tail Selection*. Economics Finance Conference, Rome, Italy, 2019.
- [21] C. Alexander, *Value-at-Risk models*. 2008.
- [22] R. Tagliafichi, *The estimation of Market VaR using Garch models and a heavy tail distributions*. 2003. dirección: <http://www.actuaries.org/ASTIN/Colloquia/Berlin/Tagliafichi.pdf>.
- [23] P. Jorion, *Value at Risk: The New Benchmark for Measuring Financial Risk (2nd ed.)* McGraw-Hill, 2001.
- [24] M. Reiss R.D.; Thomas, *Statistical Analysis of Extreme Values*. Basel: Birkhäuser, 1997.
- [25] B. T., *Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity*. Journal of Econometrics, 1986.
- [26] D. Vose, *Risk Analysis*. John Wiley Sons., 2002.
- [27] P. H. Kupiec, *Techniques for verifying the accuracy of risk measurement models*. The Journal of Derivatives, 1995.
- [28] F. Black, *Studies of stock market volatility changes*. Proceedings of the American Statistical Association, Business y Economic Statistics Section, 1976.
- [29] J. Scholes M.; Williams, *Estimating betas from non-synchronous data*. Journal of Financial Economics, 1977.
- [30] G. Brooks C.; Persaud, *The effect of asymmetries on stock index return Value-at-Risk estimates*. The Journal of Risk Finance, 2003.
- [31] D. Nelson, *Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach*. Econometrica, 1991.
- [32] J. Bollerslev T.; Wooldridge, *Quasi-maximum likelihood estimation and inference in dynamic models with time-varying covariances*. Econometric Reviews, 1992.