



*Valuación de Bonos Duales mediante el modelo de Black,
Scholes & Merton.*

Maestría en Finanzas

Noviembre 2022

Tutor: Dr. José Pablo Dapena

Alumno: Juan Nagore

Índice

<i>Introducción</i>	2
<i>Marco Histórico</i>	3
Caso 2018	4
Caso 2022	8
<i>Modelo Back, Scholes & Merton</i>	11
<i>Valuación del Bono Dual</i>	14
<i>Conclusión</i>	22
<i>Bibliografía</i>	23

Introducción

Los bonos duales son títulos de deuda que poseen un doble sistema de ajuste sobre el capital, este mecanismo de ajuste puede incorporar una pata fija y una variable o ambas variables. El acreedor del bono, al vencimiento recibirá el máximo entre las dos variables de ajuste estipuladas en el prospecto de emisión. Para el emisor, el objetivo es lograr generar una mayor demanda sobre los títulos de deuda, y en el caso del Tesoro Nacional, buscar llevar cierta estabilidad en momentos de incertidumbre en los mercados.

En la historia reciente de Argentina estos títulos se crearon en situaciones de distrés, donde el apetito de los inversores era acotado sobre los activos argentinos en general y la deuda soberana en particular. Los dos casos recientes fueron en 2018 y en agosto del año 2022. En el año 2018 se emitieron dos bonos duales, el primero pagaba el máximo entre una tasa fija en pesos del 1.6% mensual y la evolución del Índice Cer más un 4% nominal anual¹, mientras que el segundo pagaba el máximo entre una tasa fija a licitar y la evolución del dólar A3500 publicado por el BCRA más un 4,5% nominal anual². De esta forma se buscó incentivar la demanda de los inversores en un contexto donde el dólar había subido 50% en los 4 meses previos y la inflación mostraba signos de aceleración.

El caso más reciente ocurrió en el año 2022, con una dinámica altamente inflacionaria y donde a su vez el mercado esperaba una aceleración en el ritmo de devaluación del *crawling peg*³, con dicho escenario se volvieron a emitir bonos duales⁴. En esta ocasión pagarían el máximo entre la evolución del Índice Cer y el dólar A3500, dado que era difícil lograr colocar títulos a tasa fija.

Estos activos, al tener implícita una doble posibilidad de retornos, cotizan más caros cuando se los observa contra sus comparables, ya sea que ajustan puramente por el

¹ Bono Dual emitido el 28 de febrero del 2018, ticker A2M2.

² Bono Dual emitido el 18 de junio del 2018, ticker AF20.

³ Régimen cambiario de tipo de cambio fijo (*soft peg*), en el cual la moneda local se devalúa periódicamente según lo determine el Banco Central, las condiciones pueden ser previamente estipuladas o no.

⁴ Se emitieron 3 duales con similares condiciones y diferente *maturity*, Junio (TDJ23), Julio (TDL23) y Septiembre (TDS23) de 2023.

índice Cer, dólar A3500 o simplemente a tasa fija. Es decir, el mercado les incorpora una prima que debe pagar quien quiera tener una doble cobertura. Esta prima debe valuarse a la hora de determinar el valor real del bono, para luego poder ubicarlo dentro de una curva de retornos de activos similares y realizar una comparación adecuada.

Dada la existencia de la prima, el objetivo del presente trabajo es lograr determinar su valor mediante el modelo de Black, Scholes & Merton⁵ y compararla con la observada en el mercado. Para esto, es necesario definir ciertas variables fundamentales dentro del modelo, como es la volatilidad histórica de los retornos, el *strike*, precio de la prima observada, tasa de interés libre de riesgo, tiempo al vencimiento y precio del subyacente. Para realizar el trabajo nos centraremos en los duales emitidos en agosto del 2022, y puntualmente se tomará el TDL23⁶ como *proxy*⁷ de los demás, dadas las similitudes en las condiciones de emisión.

Marco Histórico

La historia económica argentina evidenció múltiples crisis macroeconómicas, originadas por distintos motivos y con distintos desenlaces. Un factor característico de ellas fueron los grandes desequilibrios monetarios, que derivaron en saltos cambiarios discretos, volatilidad en las tasas de interés nominales, períodos de elevada inflación y hasta hiperinflaciones⁸. Dichos escenarios generaban situaciones de incertidumbre en los mercados financieros, donde los inversores se mostraban reacios a adquirir activos argentinos, principalmente deuda soberana en moneda local dados los desajustes en las variables nominales.

En este contexto, el Tesoro Nacional y sus diferentes ministros desarrollaron cierta creatividad para emitir títulos de deuda en el mercado que puedan ser atractivos

⁵ Modelo desarrollado en 1973 por Fischer Black, Myron Scholes y Robert C. Merton. El modelo que se utiliza actualmente es el resultado de los trabajos, "*The Pricing of Options and Corporate Liabilities*" de Black y Scholes, y "*Theory of Rational Option Pricing*" de Merton.

⁶ Bono Dual emitido el 12/08/22 con vencimiento el 31/07/2023. Paga el máximo entre la evolución del Índice Cer más un 2% nominal anual y la evolución del dólar A3500.

⁷ Representante o sustituto.

⁸ Los 5 mayores registros de inflación interanuales observados en la historia argentina fueron en los años 80 y en el año 1990. En 1989 fue 4.924%, 1990 1.344%, 1984 688%, 1983 434% y 1988 388%. Datos obtenidos de las series históricas del Gran Buenos Aires publicadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).

para los inversores en situaciones de demanda acotada. Como pueden ser bonos con amortización acelerada, ajustables por inflación, indexados a la evolución del dólar, a tasa variable o bien bonos duales, que como se mencionó pagan el máximo entre dos variables definidas.

Existen dos casos recientes en donde se colocaron estos últimos títulos en el mercado. En el año 2018 en medio de una crisis de balanza de pagos, caída en la demanda real de dinero y un reciente salto cambiario donde regía un sistema de flotación sucia del tipo de cambio. Y en agosto del año 2022 en un contexto inflacionario y de aceleración del *crawling peg* por parte de las autoridades monetarias, en conjunto con un proceso de suba de tasas de interés nominales.

Caso 2018

El mercado a mediados de 2018 estaba presentando un escenario complejo y de incertidumbre, incentivado por factores internos y externos. Por el lado externo, se dio un proceso de suba de la tasa de política monetaria por parte de la Reserva Federal de los Estados Unidos comenzado en diciembre de 2017, incrementando el rango de la *Fed Funds Rate*⁹ de 1-1,25 a 2-2,25 en diez meses. Esto generó una reversión en los flujos de emergentes y depreciaciones en sus respectivas monedas, el real brasilero pasó de USD/BRL 3,2 en enero de 2018 a USD/BRL 4,2 en septiembre de ese año.

Por el lado interno, se sumaron factores que no colaboraron a llevar tranquilidad a los mercados. Uno fue la conferencia del 28 de diciembre de 2017, en la cual se anunciaba una rebaja en las metas inflación para el año próximo¹⁰. En dicha conferencia, junto al presidente del BCRA y los ministros de Hacienda y Finanzas se encontraba el jefe de gabinete, el mercado entendió eso como un atropello a la independencia del Banco Central. El otro elemento local exógeno fue la creación del Impuesto a la Renta Financiera¹¹, aprobado en 2017 y que entró en vigencia en enero del 2018.

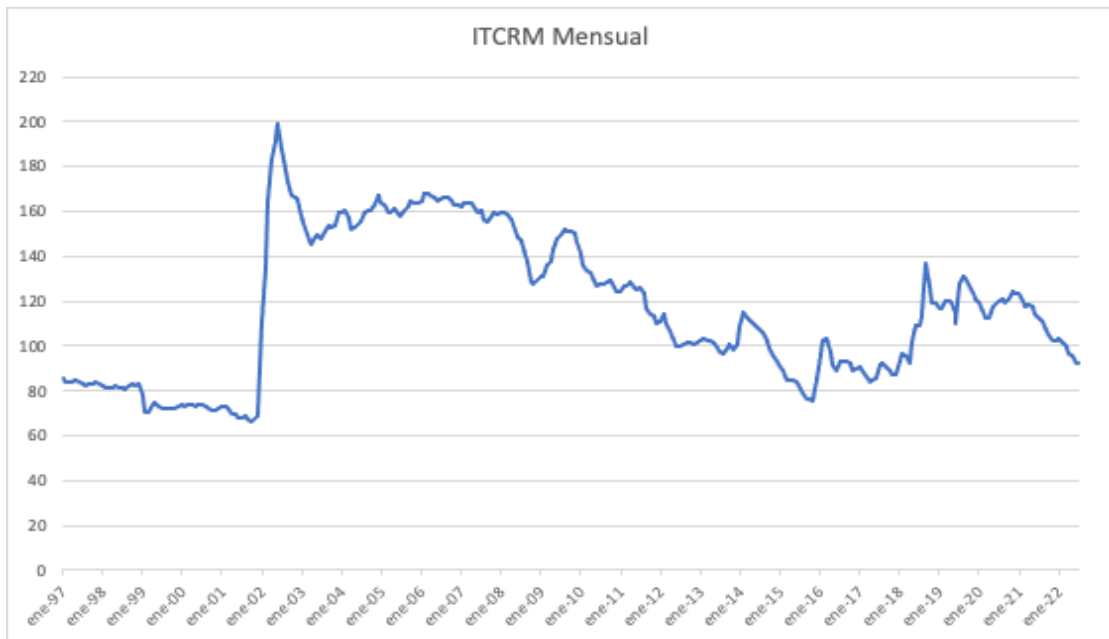
⁹ Es la tasa de interés con la cual los bancos americanos se prestan o reciben dinero *overnight* ante necesidad o exceso de liquidez. Esta es definida por la Reserva Federal (Fed).

¹⁰ Argentina estaba llevando adelante un régimen de *Inflation Targeting* lanzado formalmente en Septiembre de 2016 por el Banco Central de la República Argentina (BCRA).

¹¹ La ley N° 27.430 incorpora un impuesto cedular dentro del Impuesto a las Ganancias que recae sobre las rentas de instrumento financieros o de su enajenación, percibidas por los beneficiarios del exterior radicados o no, en jurisdicciones cooperantes, o que los fondos invertidos provengan de allí, entre otros. Fuente: AFIP.

Este combo, sumado a ciertas fragilidades macroeconómicas y un tipo de cambio real multilateral apreciado en términos históricos, terminaron desatando la crisis de balanza de pagos observada en 2018, que se combinó con un corte abrupto en el financiamiento externo.

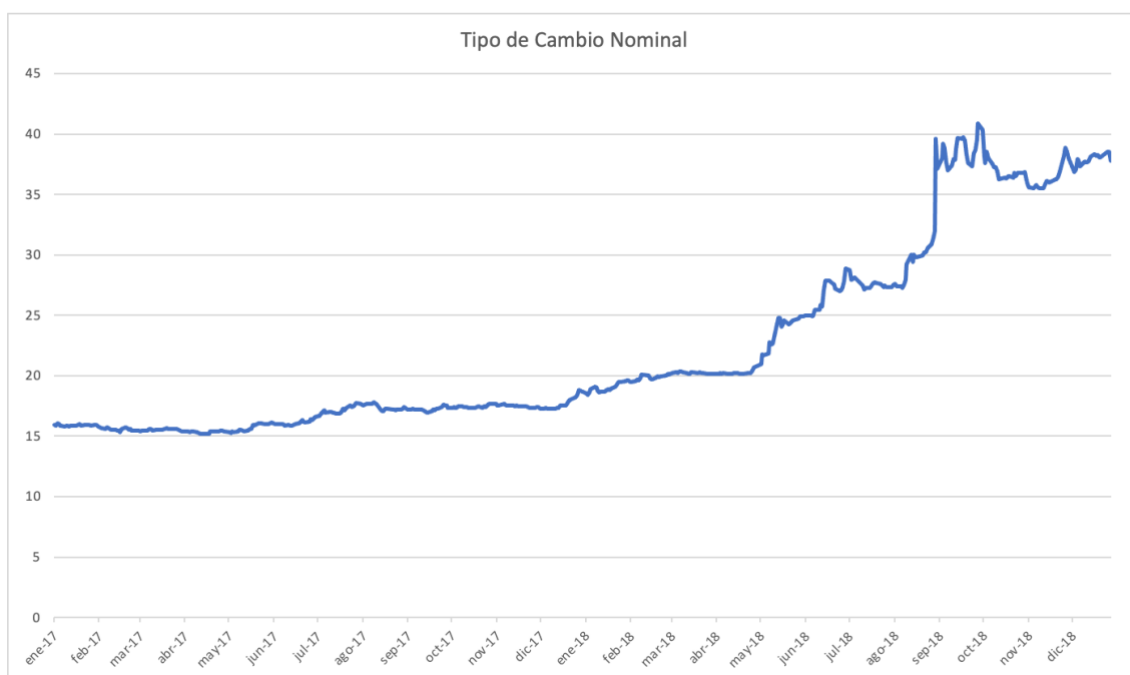
Gráfico 1: Índice de Tipo de Cambio Real Multilateral entre enero de 1997 y agosto de 2022.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del BCRA.

Los efectos colaterales se vieron reflejados en reiterados saltos cambiarios, aceleración inflacionaria e incremento en la tasa de política monetaria, con el objetivo de reducir el incentivo a dolarizar portafolios.

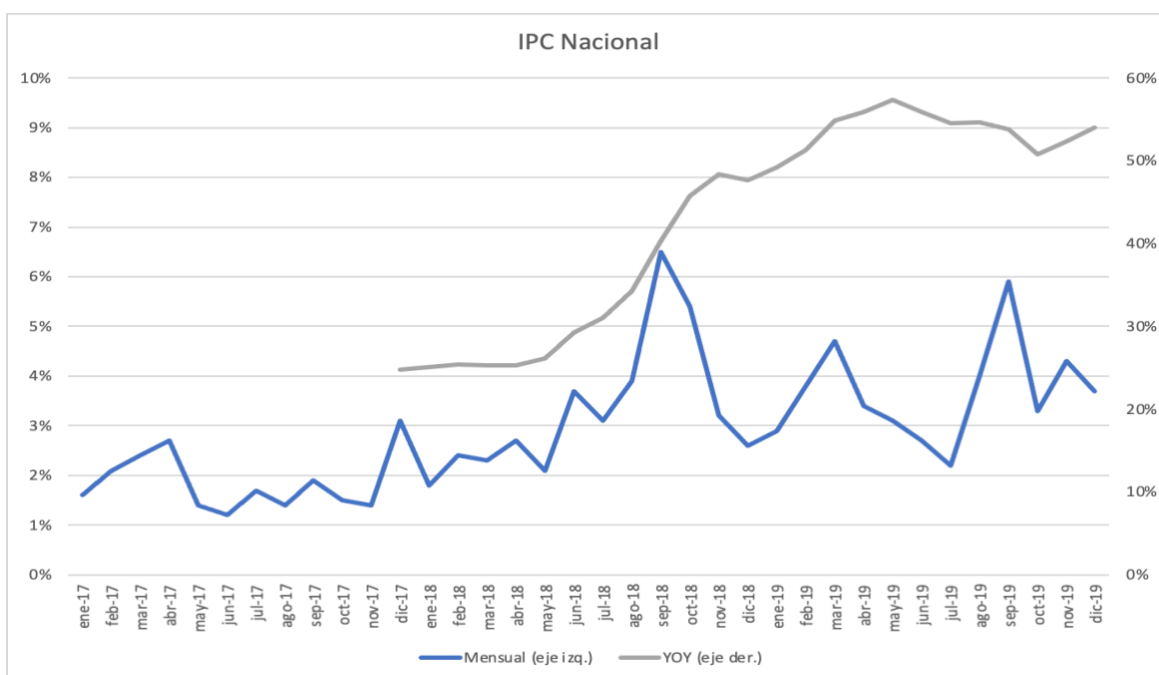
Gráfico 2: Variaciones del Tipo de Cambio Nominal entre 2017 y 2018.



Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por el BCRA.

Hacia comienzos del 2018, estos desequilibrios comenzaron a tener su correlato en una aceleración inflacionaria.

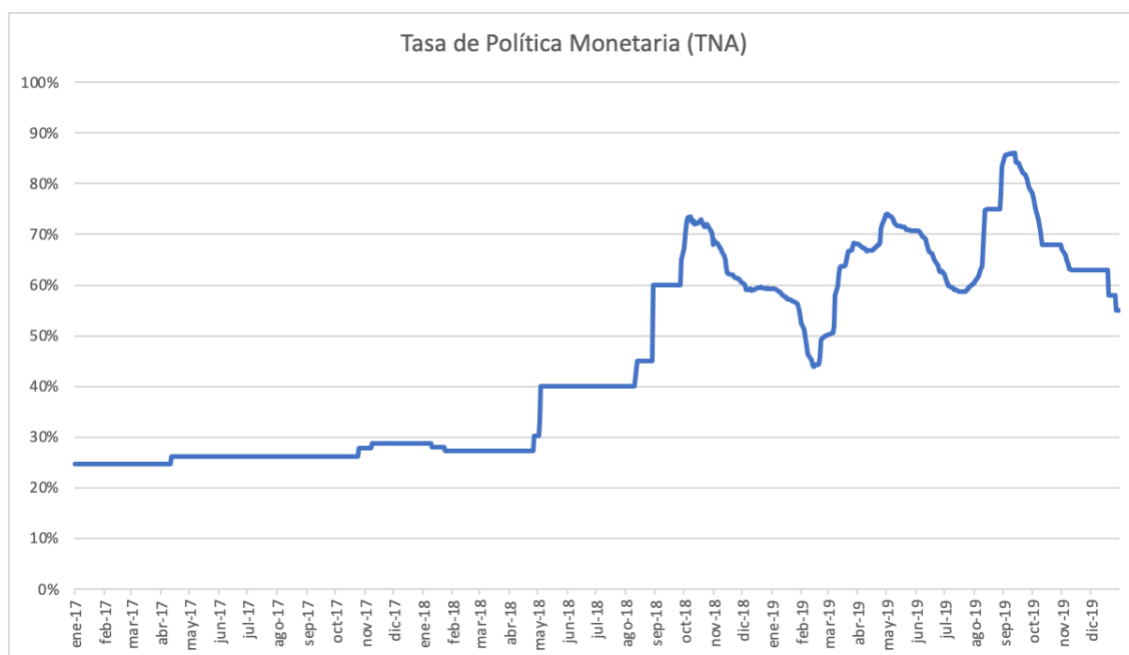
Gráfico 3: Índice de Precios al Consumidor (IPC) entre 2017 y 2019.



Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por el INDEC.

El Banco Central se vio obligado a subir la tasa de política monetaria para desincentivar la dolarización de portafolios. A su vez, debía mantener el compromiso asumido con el régimen de *Inflation Targeting* y utilizar los instrumentos de política monetaria que la Carta Orgánica¹² le permitía.

Gráfico 4: Tasa de Política Monetaria como TNA entre 2017 y 2019.



Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por el BCRA.

Este escenario hacia muy complejo el *rollover*¹³ de la deuda del tesoro en moneda local, con un mercado que no quería productos en pesos y menos a tasa fija. De las 33 licitaciones que hubo en el año 2018, en 23 se licitaron letras en dólares¹⁴, con un financiamiento externo prácticamente nulo. En dos de esas licitaciones el tesoro colocó bonos duales, el 28 de febrero y 18 de junio respectivamente. El primero pagaba el máximo entre una tasa fija en pesos del 1.6% mensual y la evolución del índice Cer más una tasa nominal anual del 4%, el siguiente pagaba el máximo entre una tasa fija en pesos a licitar y la evolución del dólar según el comunicado A3500 más interés aplicables del 4.5% nominal anual.

¹² Es donde se rigen las disposiciones y normas legales del Banco Central, como también sus objetivos y el alcance de sus instrumentos de política monetaria.

¹³ Concepto que hace referencia a la toma de nueva deuda para poder cancelar vencimientos de deuda anterior, de esta forma mantener los niveles de deuda constantes y evitar pagar los vencimientos con capital propio.

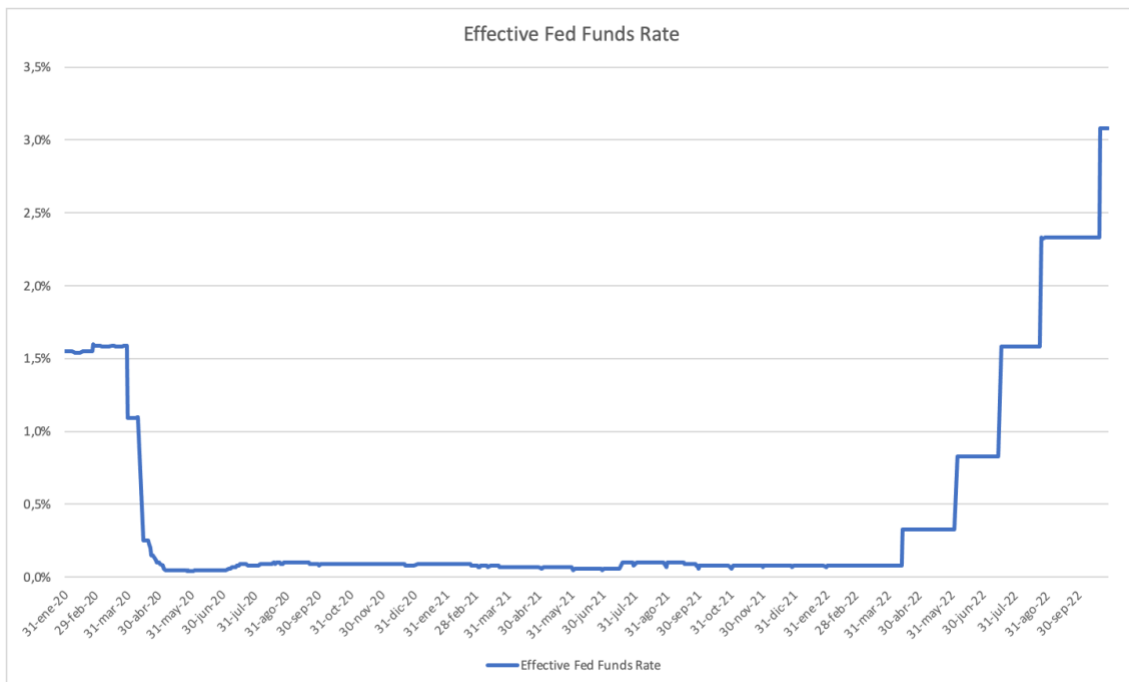
¹⁴ Secretaría de Finanzas, llamados y resultados de licitaciones año 2018.

Como se observa en los gráficos presentados, las expectativas no mejoraron luego de la colocación de los bonos duales. La presión sobre el dólar continuó incrementándose, con muchos inversores queriendo dolarizar sus portafolios a pesar del aumento de la tasa de política monetaria por parte del BCRA. Mientras la inflación mantuvo la escalada hasta lograr el máximo en términos interanuales de 57,4% en mayo de 2019.

Caso 2022

El caso más reciente ocurrió con ciertas similitudes, principalmente en el terreno externo, donde la Fed nuevamente se encontró en un proceso de suba de tasas, aunque más agresivo que en 2018. El impacto que generó en la economía local se vio mermado por el cepo y las restricciones a la movilidad de capitales, que impedían la entrada y salida de flujos.

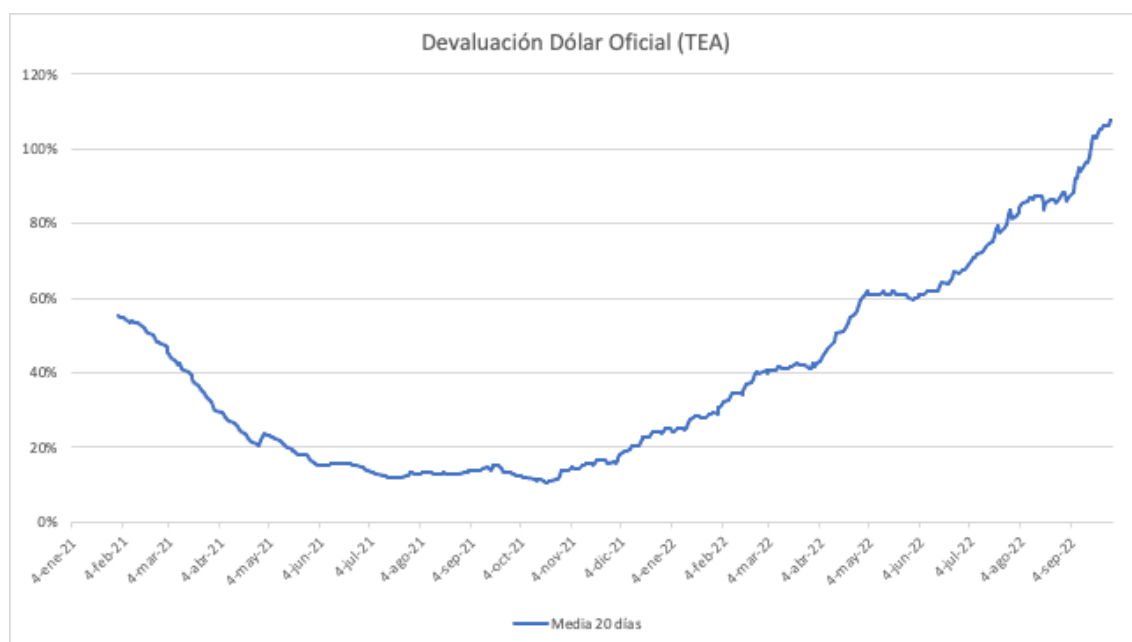
Gráfico 5: Fed Funds Rate efectiva en el período entre 2020 y 2022.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la *Federal Reserve Bank of New York*.

Por el lado local la inflación continuaba su sendero alcista, alcanzando el 78,5% en términos interanuales¹⁵ en agosto del 2022. Nuevamente el ITCRM se encontraba relativamente apreciado en términos históricos, el régimen cambiario vigente era un *crawling peg* que estaba aumentando gradualmente el ritmo de devaluación diaria con el objetivo de que el peso no quede excesivamente apreciado.

Gráfico 6: Promedio de los últimos 20 días de devaluación del tipo de cambio expresado como tasa efectiva anual (TEA).

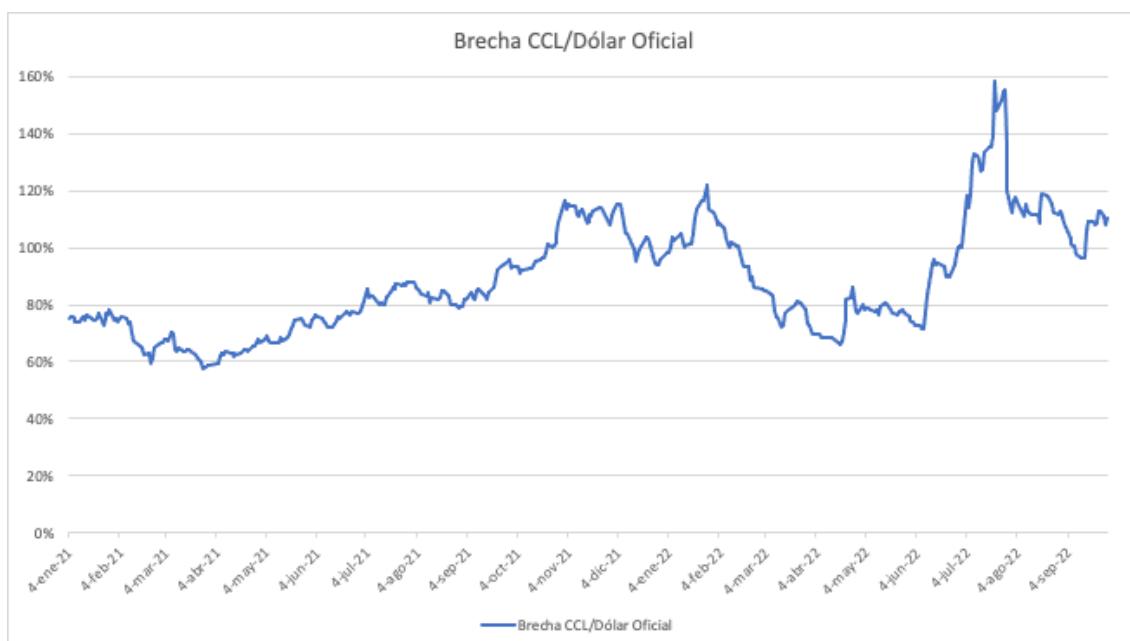


Fuente: elaboración propia en base a datos publicados por el Mercado Abierto Electrónico (MAE).

A su vez, dado el cepo y las restricciones a la movilidad de capitales, existía una brecha entre el tipo de cambio oficial y los dólares paralelos que aumentaba los incentivos a importar por sobre exportar, deteriorando el Balance Comercial y restringiendo aún más la oferta de dólares.

¹⁵ La inflación interanual se incrementó por séptimo mes consecutivo, partiendo desde 50,7% en enero hasta llegar a 78,5% en agosto.

Gráfico 7: Brecha entre el tipo de cambio oficial y el dólar contado con liquidación (CCL).



Fuente: elaboración propia en base a datos de mercado.

La economía argentina estaba entrando en un alta nominalidad, expresada en el nivel de inflación, tipo de cambio y tasas de interés. El BCRA debió incrementar la tasa de política monetaria 3.700 puntos básicos en poco más de 9 meses¹⁶ (de 38% a 75% TNA). La situación del tesoro no era demasiado distinta que en el 2018, el financiamiento externo continuaba cerrado y para renovar los vencimientos en moneda local debía convalidar tasas cada vez más altas y ofrecer títulos con muy poca *duration*.

La emisión de los duales se realizó el 9 de agosto del 2022, no fue una emisión tradicional sino que se hizo a través de un canje¹⁷. El objetivo era descomprimir los vencimientos de deuda de ese año y alargar algo de *duration*, no fue demasiado dado que los duales vencían el próximo año. Se emitieron tres bonos que vencían en junio, julio y septiembre del 2023, y pagaban el máximo entre la evolución del índice Cer más una tasa nominal anual del 2% y la evolución del dólar según el comunicado A3500. A diferencia de los duales emitidos en 2018, estos tenían ambas patas variables, lo que pareció una condición necesaria para despertar el apetito de los inversores.

¹⁶ La tasa de política monetaria el 5 de enero era 38% TNA y 15 de septiembre de ese mismo año era 75% TNA. Fuente: BCRA.

¹⁷ El Tesoro Nacional ofreció un canje donde se podían intercambiar un conjunto de títulos a cambio de los bonos duales. El resultado del canje fue de un 85% de adhesión sobre los títulos elegibles, lo que representó 2,06 billones de pesos.

El mercado tomó relativamente bien el resultado del canje, dada la buena participación y la menor presión del tesoro para afrontar las futuras licitaciones en el corto plazo. Se observó una leve mejora en las expectativas, explicada en parte por el nombramiento de Sergio Massa como nuevo ministro de economía y en gran medida por una mejora momentánea en emergentes, principalmente Brasil. Esta mejora fue efímera y poco menos de dos meses después volvieron los problemas, con presión sobre los dólares paralelos y un escenario que es aún incierto.

Modelo Black, Scholes & Merton

El modelo de Black, Scholes y Merton surge a partir de los trabajos realizados por Fisher Black y Myron Scholes, “*The Pricing of Options and Corporate Liabilities*” (*Journal of Political economy*) y Robert Merton, “*Theory of Rational Option Pricing*” (*Bell Journal of Economics and Management Science*), ambos publicados en 1973.

Los dos modelos se basan en la valuación de opciones sobre acciones europeas¹⁸, pero poseen pequeñas diferencias. Black y Scholes utilizaron los supuestos del *Capital Asset Pricing Model (CAPM)*¹⁹ para determinar la relación entre los rendimientos esperados de la acción y una opción. Mientras que Merton asume que un portfolio compuesto por un bono libre de riesgo y una opción debería tener el mismo rendimiento esperado que la acción subyacente, en un mundo sin costos transaccionales y sin limitaciones al *short selling*²⁰.

El modelo conjunto de Black, Scholes y Merton representó un enorme avance en el mundo de la valuación de opciones y el desarrollo de la ingeniería financiera, por esto los autores recibieron en 1997 el Premio Nobel de Economía en reconocimiento.

¹⁸ Las opciones europeas solo se pueden ejercer al vencimiento, mientras que las opciones americanas se pueden ejercer en cualquier momento del tiempo de vida de la opción.

¹⁹ Modelo desarrollado por William Sharpe (1964), Jack Treynor (1962), John Lintner (1965) y Jan Mossin (1966). Este desarrollo marcó el nacimiento de la *asset pricing theory* y buscó encontrar una respuesta al impacto del riesgo en los retornos esperados de un inversión.

²⁰ Venta en corto.

El modelo tiene ciertos supuestos en los que se basa:

- El precio de una acción sigue una distribución *log-normal*, con media y desvío constantes. (proceso de Wiener generalizado²¹)
- Todos los inversores pueden prestar o tomar prestado a la tasa libre de riesgo.
- La tasa libre de riesgo es constante.
- No hay costos transaccionales ni impuestos.
- Se asume acción sin dividendos.
- Todos los valores son perfectamente divisibles.
- No existen oportunidades de arbitraje.
- La compra y venta se puede dar en tiempo continuo.

En primer lugar, se define un portfolio libre de riesgo conformado por una acción ($S > 0$) comprada y un call²² europeo vendido, sobre el cual se realiza un desarrollo matemático donde se asumen los supuestos mencionados y se satisface las hipótesis del Lema de Ito²³.

En este portafolio existe una relación lineal dada en cada momento del tiempo, entre un cambio reducido en el precio de la acción y un cambio en el precio de la opción, denominada delta. Explicada porque existe una correlación perfecta entre el precio del call y el precio del subyacente y una correlación perfectamente negativa entre el precio del put²⁴ y el precio del subyacente. Dicha correlación se da en momentos infinitesimales de tiempo, es decir, en tiempo continuo. Para que el portafolio se mantenga libre de riesgo debe ser rebalanceado en cada momento del tiempo, conforme vaya variando delta, que depende del precio del subyacente y las demás constantes mencionadas a continuación.

²¹ Es un proceso estocástico en tiempo continuo, donde para un intervalo temporal Δt , el incremento de la variable Δx se distribuye de manera normal con media θ y varianza Δt . Cumple un rol fundamental a la hora de derivar la ecuación de Black-Scholes.

²² Opción de compra.

²³ Es un proceso de Wiener generalizado donde los parámetros μ y σ son funciones de misma variable y del tiempo. Herramienta utilizada para derivar un proceso estocástico.

²⁴ Opción de venta.

De esta forma el portafolio se vuelve completamente independiente del precio de la acción subyacente.

A partir del portafolio definido, y luego de un largo desarrollo matemático se llega a las fórmulas finales del modelo:

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/K) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0/K) + (r - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Donde el precio del call europeo está definido por:

$$c = S_0N(d_1) - Ke^{-rT}N(d_2)$$

Y el precio del put europeo está definido por:

$$p = Ke^{-rT}N(-d_2) - S_0N(-d_1)$$

Donde:

S_0 : es el precio de la acción.

K : es el *strike* (precio de ejercicio).

r : es la tasa de interés libre de riesgo con capitalización continua.

T : es el plazo al vencimiento expresado en años.

σ : es la volatilidad de los retornos de la acción subyacente.

Por su parte, $N(x)$ es la función de probabilidad acumulada para una variable normal estandarizada. Es decir, es la probabilidad de que una variable con media 0 y desvío de 1 sea inferior que x . La expresión $N(d2)$ es la probabilidad de que el call termine *in the money*²⁵ al vencimiento en un mundo *risk neutral* ($S > K$ en $T=0$). En cuanto a $N(d1)$, se puede definir como el delta del call, o bien se puede afirmar que $S_0 N(d1) e^{rT}$ es el precio esperado de la acción en un mundo *risk neutral* cuando la opción se encuentra *at the money* ($K=S_0$). Notar que el término $N(d1)$ no es tan sencillo de interpretar matemáticamente.

Valuación del Bono Dual

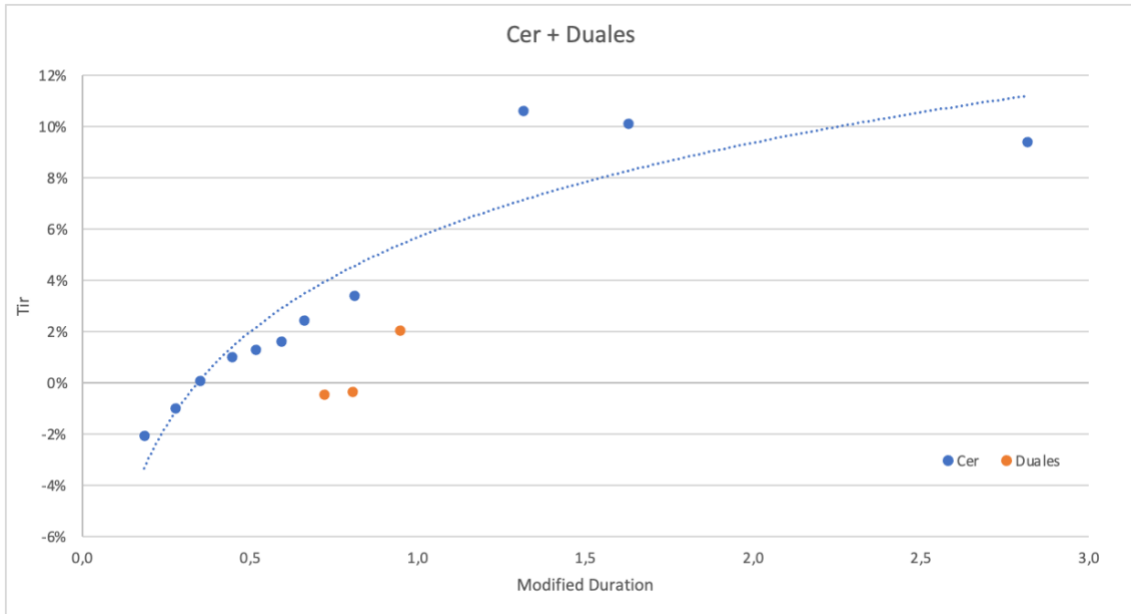
Los bonos duales son títulos que poseen un doble sistema de ajuste sobre el capital, el cual puede incorporar una pata fija y una variable o ambas variables. El acreedor del bono, al vencimiento recibirá el máximo entre las dos variables de ajuste estipuladas en el prospecto de emisión. Al tener una doble protección el mercado le asigna una prima implícita, es decir, el precio del dual tiene una opción embebida.

Centrándonos en los duales emitidos en el año 2022, pagan el máximo entre la evolución del Índice Cer más un 2% nominal anual y el dólar A3500. El precio de esa protección dual debe valuarse, entre otras cosas, en función de la dinámica que tengan en conjunto la inflación y la devaluación del tipo de cambio oficial.

Si se observan las curvas de retornos de los instrumentos puros de Cer y Dollar Linked en comparación con los duales, se ve claramente que existe una prima incorporada.

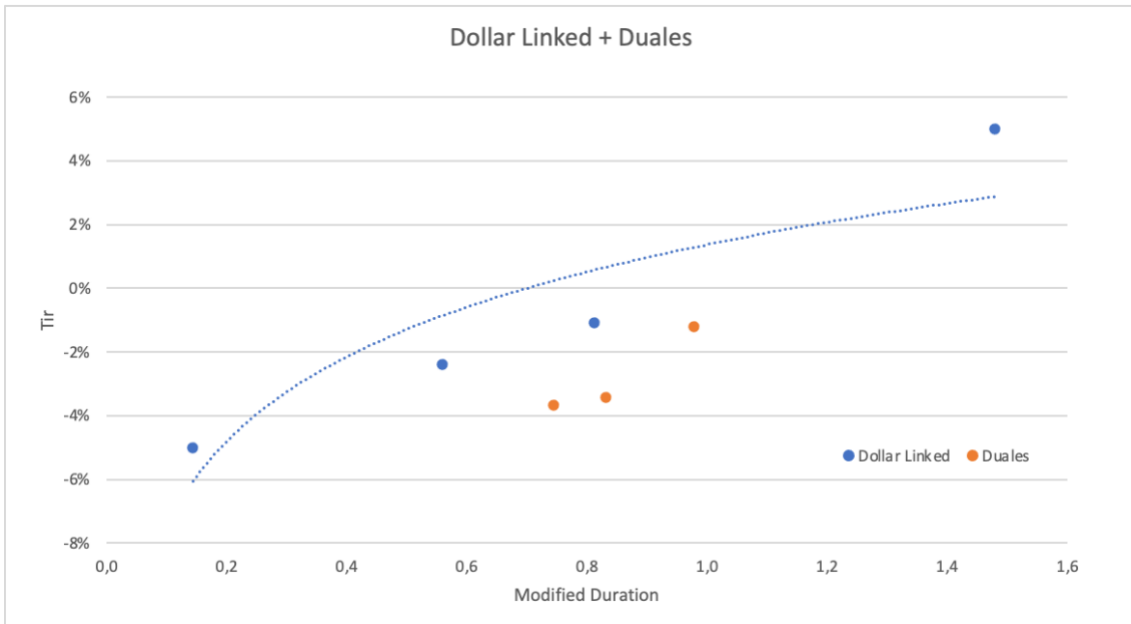
²⁵ Que la opción sea ejercible al vencimiento. ($S > K$ para un call y $S < K$ para un put).

Gráfico 8: Curva de rendimientos de los títulos puros de Cer en comparación con la pata Cer de los duales.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de mercado.

Gráfico 9: Curva de rendimientos de los títulos puros Dollar Linked en comparación con la pata Dollar Linked de los duales.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de mercado.

Para poder definir el precio que le asigna el mercado a la prima se debe comparar el dual, en este caso se utilizará el TDL23²⁶, con un bono Cer y uno bono Dollar Linked al mismo vencimiento. Los títulos que se toman son el T2X3²⁷ y el T2V3²⁸, y con estos se genera un dual sintético para que sea idénticamente comparable.

El precio del T2V3 es directamente comparable contra el dual, dado que ambos se emitieron según el tipo de cambio aplicable de la comunicación A3500. Para el caso del T2X3 es necesario normalizarlo, dado que parten de valores absolutos que no son comparables. Para esto se asume el mismo precio de emisión y fecha que dual manteniendo las condiciones de emisión del bono original, luego se toma el rendimiento de mercado y mediante un cálculo iterativo se obtiene el precio normalizado.

A continuación, se define un portafolio con una ponderación determinada para cada variable de ajuste.

Cuadro 1: Comparación de portafolios con distintas ponderaciones con el dual para obtener la prima de mercado.

Ponderación		Dual Sintético	TDL23	Prima Observada
Cer	DL			
100%	0%	149,40	155,00	5,60
90%	10%	149,80	155,00	5,20
80%	20%	150,20	155,00	4,80
70%	30%	150,60	155,00	4,40
60%	40%	151,00	155,00	4,00
50%	50%	151,40	155,00	3,60
40%	60%	151,80	155,00	3,20
30%	70%	152,20	155,00	2,80
20%	80%	152,60	155,00	2,40
10%	90%	153,00	155,00	2,00
0%	100%	153,40	155,00	1,60

Fuente: Elaboración propia en base a datos de mercado.

²⁶ Se hace referencia anteriormente.

²⁷ Bono del Tesoro Nacional ajustable por Cer más 1,45% nominal anual emitido el 13/8/2020 con vencimiento el 13/08/23.

²⁸ Bono del Tesoro Nacional ajustable por el dólar A3500 emitido el 15/7/2022 con vencimiento el 31/07/2023.

Es decir, conforme mayor sea la ponderación del Cer dentro del portafolio teórico, mayor es la prima obtenida según los valores observados. Esto se puede interpretar como que el mercado paga más una cobertura contra el dólar que contra la inflación, dado que la prima de tener un portafolio 100% Cer es más alta.

Para poder valorar la opcionalidad mediante el modelo de Black, Scholes & Merton, hay que comenzar definiendo ciertas variables necesarias.

Cuando se comparan las tasas implícitas en los futuros de dólar con las expectativas de inflación publicadas por el REM²⁹ o utilizando los *breakevens* de inflación, se observa que el mercado ve una aceleración del *crawling peg* por encima del nivel de inflación en un horizonte temporal de un año. Es decir, que el *strike* de la pata Dollar Linked se encuentra por encima del *strike* de la pata Cer. Para calcularlo, se tomó la evolución ya conocida de estas variables desde la emisión del dual hasta la fecha y se le incorporó las proyecciones mencionadas. Es importante tener en cuenta que el precio de ejercicio se va ir moviendo a lo largo del tiempo, dependiendo de cómo evolucionen cada una de las variables que lo componen.

Una vez obtenido el *strike*, se debe calcular la volatilidad histórica de los retornos entre el Índice Cer y la evolución del dólar A3500. Para esto, se tomaron datos mensuales de los últimos 3 años y se crearon distintos portafolios con ponderaciones para cada variable. Utilizando el desvío estándar de los retornos de cada una, la covarianza y el coeficiente de correlación se obtuvo la volatilidad histórica entre las variables.

²⁹ Relevamiento de expectativas de mercado publicado por el BCRA, donde uno de los datos que se publican son las expectativas de inflación para los próximos meses.

Cuadro 2: Volatilidad histórica de los retornos para cada portafolio.

Volatilidad para cada Portafolio		
Ponderación		Volatilidad
Cer	DL	
100%	0%	5,48%
90%	10%	5,22%
80%	20%	4,99%
70%	30%	4,79%
60%	40%	4,63%
50%	50%	4,51%
40%	60%	4,44%
30%	70%	4,42%
20%	80%	4,44%
10%	90%	4,51%
0%	100%	4,63%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de INDEC y BCRA.

Tomando la tasa de interés dada y utilizando la volatilidad del portafolio *equally weighted*, se obtienen precios para el put y para el call.

Cuadro 3: Cálculo de las primas utilizando el modelo de Black, Scholes & Merton.

Black, Scholes & Merton			
Precio de Mercado Dual	155	d1	-0,0212
Strike Price (DL)	293,80	d2	-0,0615
Fecha de hoy	13/10/22	N(d1)	0,4915
Fecha de expiración	31/7/23	N(d2)	0,4755
Tasa de interés	80%	e^{-rt}	0,5284
Dividendo anual	-	N(-d1)	0,5085
Volatilidad (s)	4,51%	N(-d2)	0,5245
Días en el año	365	Call	\$ 2,37
T (en años)	0,7973	Put	\$ 2,62

Fuente: Elaboración propia en base a datos de mercado.

Con estos resultados, el cuadro de resultados posibles al vencimiento queda de la siguiente manera.

Cuadro 4: Resultados del portafolio al vencimiento para distintos precios del dual.

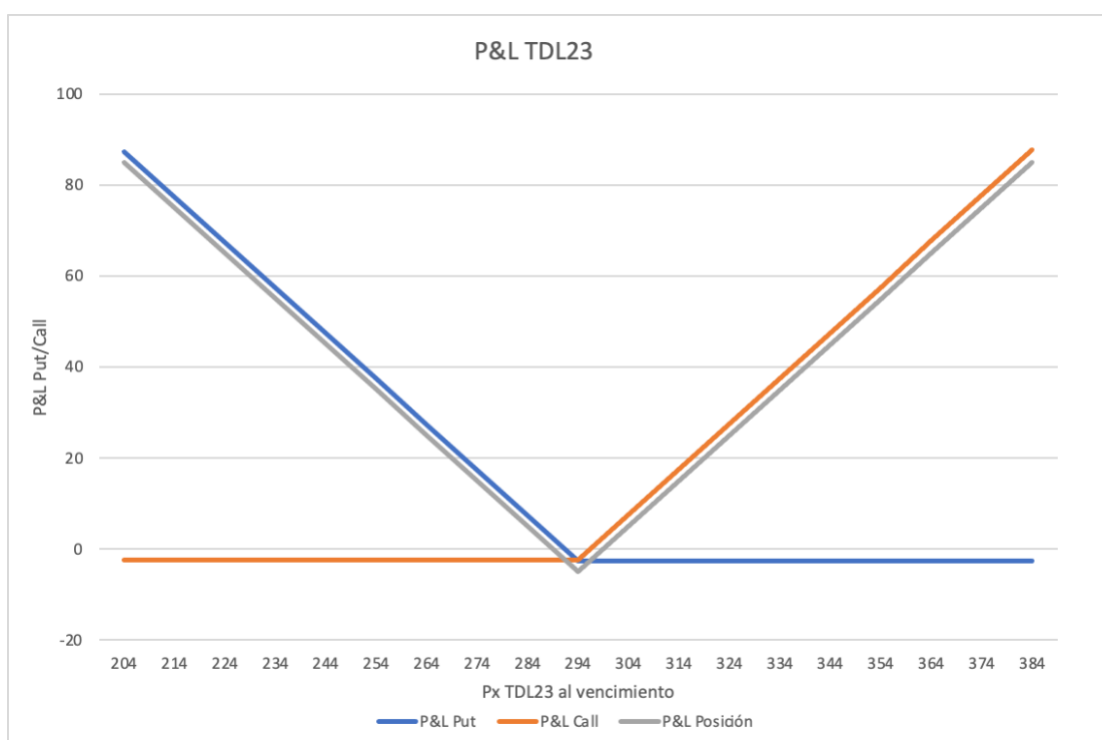
Px Dual	P&L Put	P&L Call	P&L Posición
203,8	87,4	-2,4	85,0
213,8	77,4	-2,4	75,0
223,8	67,4	-2,4	65,0
233,8	57,4	-2,4	55,0
243,8	47,4	-2,4	45,0
253,8	37,4	-2,4	35,0
263,8	27,4	-2,4	25,0
273,8	17,4	-2,4	15,0
283,8	7,4	-2,4	5,0
293,8	-2,6	-2,4	-5,0
303,8	-2,6	7,6	5,0
313,8	-2,6	17,6	15,0
323,8	-2,6	27,6	25,0
333,8	-2,6	37,6	35,0
343,8	-2,6	47,6	45,0
353,8	-2,6	57,6	55,0
363,8	-2,6	67,6	65,0
373,8	-2,6	77,6	75,0
383,8	-2,6	87,6	85,0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de mercado.

Al ver los resultados, se puede decir que el peor escenario es en el cual el bono al vencimiento tiene el mismo valor que el *strike*, dado que se paga la cobertura para un evento que no ocurre. A su vez, la posición en términos de estrategias de opciones sería un *Long Straddle*³⁰.

³⁰ Estrategia de opciones que consiste en la compra de un put y un call de el mismo *strike*.

Gráfico 10: Resultados del portafolio al vencimiento para distintos precios del dual.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de mercado.

Intuitivamente, la posición se puede pensar como tener un bono Cer con un put que esta *in the money* dado que el *strike* utilizado es más alto, pero que se puede poner *out of the money* si la inflación realizada supera al *strike* calculado. A su vez, en simultáneo se tiene un bono Dollar Linked con un call que se encuentra *at the money*, y que se pone *in the money* si la inflación observada en el período supera el *strike*.

Dado que el acreedor se enfrenta ante un evento dicotómico, es decir, recibirá el máximo entre Cer + 2% y la evolución del dólar A3500, no se puede pensar en distintas combinaciones de ponderaciones dentro del portafolio, sino que se debe optar por una en la cual se pondera 100% una de las variables. De esta forma, es correcto pensar el dual como un bono cer con un put *in the money*, donde el inversor paga un seguro contra la posibilidad de un evento cambiario. A su vez, en este momento del tiempo y con la información disponible, no tendría sentido pagar la prima del dual (call sobre el Dollar Linked) para obtener el *strike* al vencimiento pudiendo obtener el mismo resultado pagando un producto puro de Dollar Linked.

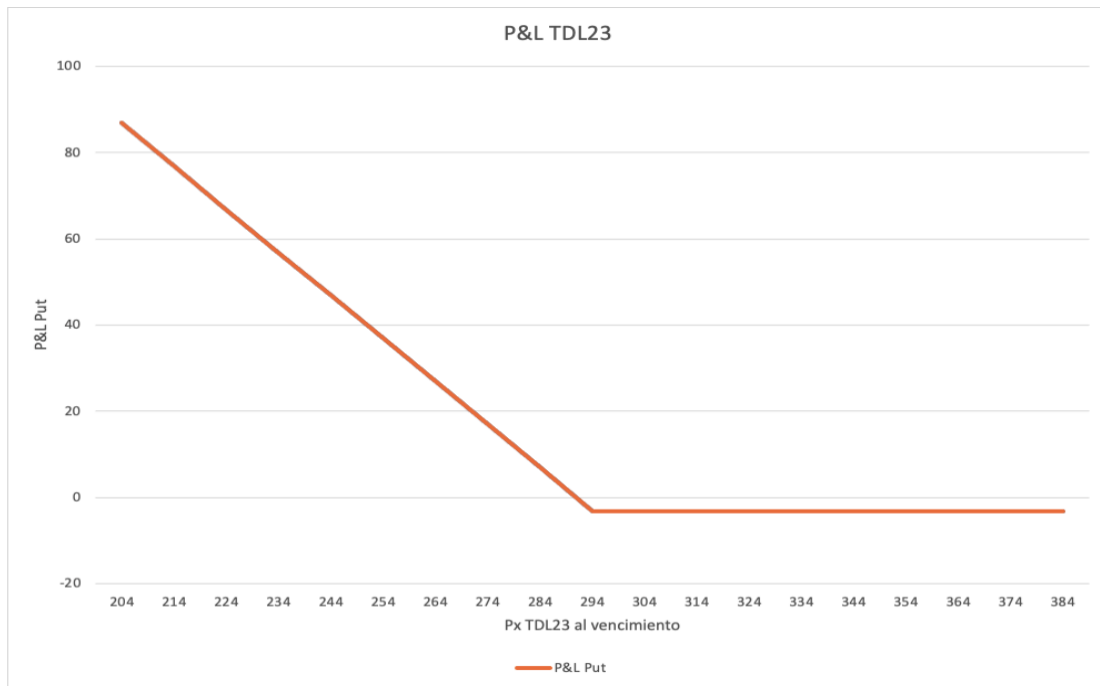
A continuación, se observa el resultado de la valuación del put utilizando la volatilidad del portfolio 100% Cer.

Cuadro 5: Calculo del put utilizando el modelo de Black, Scholes y Merton asumiendo el dual como un bono cer.

Black, Scholes & Merton			
Precio de Mercado Dual	155	d1	-0,0096
Strike Price (DL)	293,80	d2	-0,0585
Fecha de hoy	13/10/22	N(d1)	0,4962
Fecha de expiración	31/7/23	N(d2)	0,4767
Tasa de interés	80%	e^{-rt}	0,5284
Dividendo anual	-	N(-d1)	0,5038
Volatilidad (s)	5,48%	N(-d2)	0,5233
Días en el año	365	Put	\$ 3,16
T (en años)	0,7973		

Fuente: Elaboración propia en base a datos de mercado.

Gráfico 11: Resultados posibles al vencimiento para distintos precios del dual.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de mercado.

Si comparamos esta prima con la observada en el mercado de 5,6 (cuadro 1), se puede concluir que según este modelo de valuación la prima se encuentra cara. En otras palabras, la volatilidad implícita de la opción se encuentra por encima de la volatilidad histórica de los retornos. Si colocamos en el modelo el precio de mercado de la prima y realizamos un cálculo iterativo, obtenemos que la volatilidad implícita de la prima es del 9,9%, comparado con el 5,48% histórico de los últimos casi tres años. Para lograr capturar esta diferencia en la valuación se debería comprar el T2X3 y vender el TDL23.

Conclusión

A lo largo del trabajo se buscó explicar detalladamente los conceptos fundamentales de un bono dual, los motivos y contextos de emisión, algunos casos recientes y finalmente determinar un mecanismo para poder determinar su cotización. Con el objetivo de poder compararlo con su precio de mercado y llegar a una conclusión.

Un dual no es un producto tan sencillo de valorar, en especial cuando tiene ambas patas flotantes como es este caso. Tampoco tiene una única manera de hacerlo, sino que cada uno debe optar por la manera que crea conveniente según la información disponible. En el presente trabajo se utilizó el modelo de Black, Scholes & Merton porque se entendía que el componente importante del bono es la prima incorporada, para después poder comparar el valor obtenido con el observado en el mercado.

El resultado fue que la prima, es decir la cotización del dual, se encuentra cara. O bien, la volatilidad implícita de la prima es superior a la histórica, esto no necesariamente quiere decir que se encuentre cara, sino que el mercado hacia adelante interpreta una mayor volatilidad en los retornos.

Bibliografía

- <https://www.newyorkfed.org/markets/reference-rates/effr>
- https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icea/LI_EcoReg/Danae_Duana/modelo.pdf
- https://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall09/cos323/papers/black_scholes73.pdf
- <https://www.maths.tcd.ie/~dmcgowan/Merton.pdf>
- John C. Hull (2014). *Introducción a los Mercados de Futuros y Opciones*. Octava edición.
- <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Institucional-Indec-InformacionDeArchivo-1>
- https://www.uv.es/olmos/mod_din_estocastico.pdf
- <http://efinance.org.cn/cn/fm/Capital%20Asset%20Prices%20A%20Theory%20of%20Market%20Equilibrium%20under%20Conditions%20of%20Risk.pdf>
- <https://www.argentina.gob.ar/noticias/llamado-licitacion-de-bonos-en-pesos>
- <https://www.argentina.gob.ar/noticias/llamado-licitacion-de-bonos-de-la-nacion-argentina-en-moneda-dual-2019-y-bonos-del-tesoro>
- <https://www.argentina.gob.ar/noticias/resultado-de-la-conversion-de-lecer-lepase-ledes-y-boncer-por-bono-dual>
- <https://www.argentina.gob.ar/noticias/llamado-conversion-de-lecer-lepase-ledes-y-boncer-por-bono-dual>

Autorización para publicar los trabajos finales

Completar cada punto con SI o NO:

- **Repositorio Institucional** (*completar con SI o NO*):

SI autorizo a la Universidad del CEMA a publicar y difundir en el **Repositorio Institucional** de la Universidad de la Biblioteca con fines exclusivamente académicos y didácticos el Trabajo Final de mi autoría.

- **Catálogo en línea** (*completar con SI o NO*):

SI autorizo a la Universidad del CEMA a publicar y difundir en el **Catálogo en línea** (acceso con usuario y contraseña) de la Biblioteca con fines exclusivamente académicos y didácticos el Trabajo Final de mi autoría.

- **Página web UCEMA** (*completar con SI o NO*):

SI autorizo a la Universidad del CEMA a publicar y difundir en la **página web de la Universidad** como Trabajo destacado, si el mismo obtuviese la distinción correspondiente, con fines exclusivamente académicos y didácticos el Trabajo Final de mi autoría.

Firma digital:



Aclaración: Juan Nagore

DNI: 39654358