

UNIVERSIDAD DEL CEMA
Buenos Aires
Argentina

Serie
DOCUMENTOS DE TRABAJO

Área: Finanzas

**COMPARACIÓN ENTRE ALGORITMOS DE CICLOS
Y MODELOS DE REGIME-SWITCHING, CON
APLICACIÓN A ESTRATEGIAS DE INVERSIÓN
EN DERIVADOS (OPCIONES DE VENTA)**

Julián R. Siri y José P. Dapena

Agosto 2014
Nro. 540

www.cema.edu.ar/publicaciones/doc_trabajo.html
UCEMA: Av. Córdoba 374, C1054AAP Buenos Aires, Argentina
ISSN 1668-4575 (impreso), ISSN 1668-4583 (en línea)
Editor: Jorge M. Streb; asistente editorial: Valeria Dowding <jae@cema.edu.ar>

COMPARACIÓN ENTRE ALGORITMO DE CICLOS Y MODELOS DE REGIME-SWITCHING, CON APLICACIÓN A ESTRATEGIAS DE INVERSIÓN EN DERIVADOS (OPCIONES DE VENTA)

Julian R. Siri y José P. Dapena *
UNIVERSIDAD DEL CEMA
2014

Resumen

En el presente trabajo revisamos los principios de una popular estrategia de inversión basada en opciones financieras, en especial las opciones de venta (*puts*), y testeamos de manera estadística una estrategia de inversión basada en la compra venta de opciones de venta sobre un índice en el mercado de capitales estadounidense, replicando el comportamiento de una empresa de seguro, que en este caso ofrecería cobertura a la baja del índice de mercado.

Con la venta de opciones se ofrece cobertura a la baja del índice, y con la compra de opciones se reasegura transfiriendo parte del riesgo a un tercero, de manera similar a lo que procedería una empresa de seguros que buscara reasegurarse. A los efectos de validar y analizar la estrategia, procedemos a considerar un período de tiempo y a aplicar la estrategia en dicho período, para observar los resultados. En todos los casos se consideran costos de transacción y la diferencia entre precios *bid* y *ask*, y a los efectos del análisis del rendimiento hemos considerado como capital invertido los márgenes de inmovilización previstos en una regulación para este tipo de instrumentos.

Mostramos los resultados estadísticos a partir de procesos aplicados sobre una estrategia pasiva, (inversión en el índice), una estrategia *naive* y una estrategia activa de inversión con cambios de ciclos y régimen lo cual representa un elemento interesante de aplicación. Los resultados obtenidos soportan una mejora de *performance* en la relación riesgo retorno en el proceso de inversión.

JEL: C1, C3, N2, G11.

Palabras claves: Derivados, estrategias, *puts*, seguros.

* Las opiniones expresadas en este trabajo son del autor y no necesariamente reflejan las de la Universidad del CEMA. Todos los errores son de nuestra responsabilidad.

I. Introducción

a. Objetivo

En el presente trabajo nos motiva el testeo estadístico de una popular estrategia de inversión basada en la operatoria de opciones de venta (*puts*) con el objetivo de evaluar los aspectos positivos y negativos de dicha estrategia, y calibrar un algoritmo de inversión que sincroniza sobre tres dimensiones, precios de ejercicio, tiempo de expiración y posibilidad de esta “comprado” o “vendido”¹.

En dicho sentido, la estrategia apunta a replicar el comportamiento de una empresa de seguros, definiendo el riesgo asegurable como la caída en el precio de un activo subyacente. Partiendo de la base de que los precios son aleatorios, y buscando eliminar la necesidad de predecir el movimiento futuro de éstos, elegiremos un activo para operar que nos permita generar ganancias por fuera del movimiento de las acciones.

b. Las opciones financieras

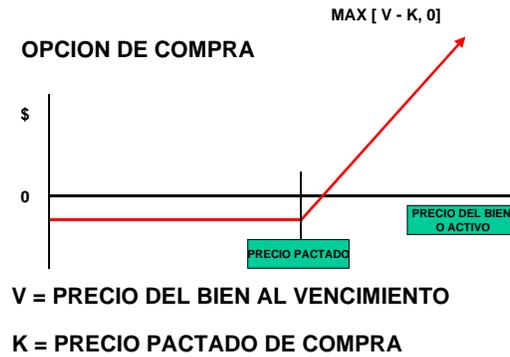
El campo de investigación y utilización de opciones financieras ha tenido un enorme desarrollo en los últimos cuarenta años a partir de la metodología de valuación propuesta por Black y Sholes (1973) y Merton (1973) construyendo sobre aportes de previos de Arrow y Debreu (1954) y Mac Kenzie (1959). Esos avances se ha complementado con los de Cox, Ross y Rubinstein (1979) para dar lugar a un mecanismo de valuación de activos financieros con funciones de repago no lineales que permite evaluar, bajo ciertas condiciones y supuestos, de manera apropiada el valor de las opciones.

Las opciones representan derechos que tienen sus poseedores a realizar una transacción, en contrapartida a obligaciones, con respecto a un activo. Las opciones básicas están dadas por derechos de compra (*calls*) y de venta (*puts*). En el *call*, el comprador adquiere mediante el pago de una prima el derecho a comprar un determinado activo a un precio previamente acordado, al término del período estipulado en el contrato; esta compra es llevada a cabo si y solo si el precio corriente de mercado del activo es mayor al precio por el cual se pactó la compra de manera de obtener una ganancia, caso contrario la compra no se realizará porque es preferible comprar el activo en el mercado (por ser su precio menor). El repago final de adquirir uno de estos derechos estará dado por el máximo entre la diferencia de precio corriente y precio de ejercicio y cero (dado que de ser negativo no se ejerce) neto del costo pagado para adquirir el derecho. En un

¹ A modo de ejemplo, el siguiente sitio <http://www.capitalcastle.com/> en su documento “Mercados Impredecibles” propone estrategias de estas características.

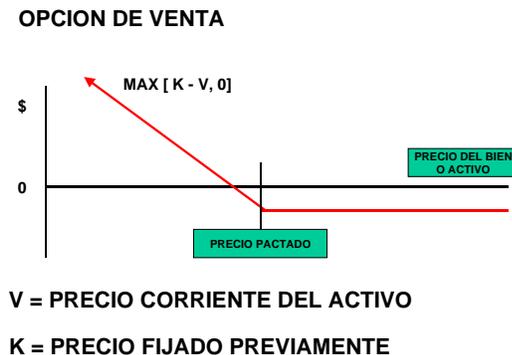
gráfico se puede observar el prepago al vencimiento de la opción (el eje horizontal mide cada uno de los posibles precios finales del activo, mientras que el vertical mide la ganancia que se deriva de cada uno de los posibles precios finales, en caso de ser menor al precio de ejercicio, hay una pérdida por el costo de adquisición del derecho de compra),

Gráfico I



En el *put*, el comprador adquiere mediante el pago de una prima el derecho a vender un determinado activo a un precio previamente acordado en el término estipulado; contrariamente al *call*, esta venta será llevada a cabo si y solo si el precio de mercado es menor al precio del contrato (para obtener una ganancia); de no ser así, siempre conviene vender el activo en el mercado al precio corriente, por ello es una opción. El repago final de la opción de venta será el máximo entre la diferencia de precio de ejercicio y precio corriente y cero, dado que de ser negativo no se ejerce, neto del costo pagado para adquirir el derecho. Gráficamente (la interpretación de los ejes es similar al gráfico del *call*):

Gráfico II



Para adquirir uno de estos derecho de compra o venta, el poseedor paga una prima, al igual que en los seguros. Estos instrumentos actúan como seguros (siempre y cuando no sean utilizados especulativamente) ya que proporcionan cobertura a su poseedor frente a

subas o caídas en el precio de los activos objeto de la transacción. Esta incertidumbre se ve reflejada en la existencia de diferentes “estados de la naturaleza” en el futuro, y en los diferentes valores que puede adoptar el precio del activo en cada uno de estos estados de la naturaleza (como ejemplo más palpable de seguro y estados de la naturaleza, podemos mencionar un seguro contra robo de un auto, siendo en el futuro dos los estados de la naturaleza posibles, el auto es robado o el auto no es robado; en el primer caso se cobra el seguro, mientras que en el segundo no, siendo la prima pagada el costo de asegurarse contra este riesgo).

La metodología de valuación se basa a grandes rasgos en la conformación de un portafolio de arbitraje consistente en comprar el activo sobre el que se pacta la opción (de cuyo precio se tiene conocimiento por ser comercializado en el mercado de capitales) y se apalanca esta compra a través de dinero prestado a la tasa libre de riesgo, eligiendo las cantidades de cada uno de los elementos de manera de replicar el repago de la opción; en consecuencia, para evitar oportunidades de arbitraje, el valor del portafolio así conformado debe ser igual al valor de la opción. Este resultado requiere del supuesto de mercados completos, lo que elimina las posibilidades de arbitraje y en consecuencia la ley de un solo precio se obtiene. El resultado es consistente con la valuación a través de los activos elementales desarrollados por Arrow- Debreu (1959) y Cox, Ross y Rubinstein (1977).

La fórmula de valuación (de “Black-Scholes-Merton”) requiere en su forma más simple de implementación de seis variables que actúan como inputs:

- el valor corriente del activo sobre el cual se tiene el derecho de compra o venta: representa el precio actual del bien (en el caso de acciones, es el precio corriente de la acción);
- el precio fijo al cual se adquiere el derecho a comprar o vender el bien: denominado precio de ejercicio, es el precio que fijan ambas partes en forma anticipada a los efectos de realizar la compra o venta;
- la volatilidad anual o grado de incertidumbre asociado con el retorno del activo
- la vigencia o período por el cual se puede ejercer el derecho
- el retorno anual libre de riesgo de la economía
- la tasa de dividendos o de pérdida de valor del activo: en una opción financiera.

c. Las opciones financieras como un seguro

Las opciones financieras son instrumentos muy complejos cuyo entendimiento se facilita a través de un análogo muy familiar que nos permite entenderlas de manera muy sencilla: las pólizas de seguros.

Las pólizas de seguros permiten obtener cobertura respecto de contingencias en la realización de los estados de la naturaleza y transferir los riesgos de una manera eficiente a través de un mercado. Mediante el pago de una prima, se transfiere de manera parcial o total el riesgo de una contingencia a un tercero (aunque no se elimina el riesgo contractual de cobro ni otros riesgos similares), en consecuencia en caso que la contingencia se presente durante el período que el contratante se encuentra asegurado, el riesgo de liquidez es cubierto de manera parcial o total por la firma de seguros contratada.

Ya hemos mencionado el ejemplo de una póliza de seguros contra robo de autos, de similar manera opera una compañía de seguros de salud. Ésta cobertura nos protege en el caso de que tengamos algún problema en nuestra salud que nos obligue a acudir a servicios pagos para curarnos. Supongamos que sufrimos una necesidad de una cirugía; con una adecuada cobertura mediante el pago de una prima, nuestra póliza pagará por los gastos médicos. Pongamos un ejemplo con valores: la cirugía podría costar ARS 30.000; obviamente que el valor por mes que se paga en concepto de prima por la cobertura que brinda la póliza de seguros no puede ascender a ARS 30.000 por mes ya que eso sería similar a necesitar una cirugía todos los meses. En general nadie paga por mes a su seguro lo mismo que le costaría una emergencia médica, ya que no es eficiente por la frecuencia de los eventos. Pero por otro lado (y haciendo un análisis simplificado) si hacemos una suma total de las primas de seguro que pagaríamos mensualmente por este tipo de seguros durante el período de cobertura del mismo, seguramente sumaría más de ARS 30.000, ya que de esa manera se asegura la viabilidad económica de las compañías aseguradoras.

II. El modelo de estrategia de inversión

a. Estrategia de “put spread temporal”

La estrategia que construimos se basa en replicar las operaciones de una empresa de seguros que ofrece cobertura frente a una contingencia y que por otro lado busca transferir parte del riesgo a un tercer como reaseguro. En dicho sentido, se queda con

una parte del riesgo cobrando una prima, y se reasegura parcialmente pagando una prima, con diferentes precios de ejercicios y tiempo de expiración.

En la terminología, esta estrategia se asocia a un “*put spread*” pero con la salvedad que la vigencia de la cobertura o vencimiento es diferente. Resumiendo, en términos de los inputs de la fórmula de valuación de opciones, se escoge comprar y vender opciones de venta sobre un mismo activo subyacente, pero con diferentes precios de ejercicios y vencimientos. El beneficio de la estrategia se produce por efecto de la suba en el precio del subyacente (ya que estamos proporcionando cobertura contra la baja del mismo) y por el paso del tiempo principalmente, que extingue el valor de las opciones².

Para este caso en particular, vamos a testear la estrategia vendiendo *puts* que se encuentren con un precio de ejercicio similar al precio actual del subyacente (en la jerga financiera, que estén *at-the-money*) y vencimiento promedio dentro de los 90 días corridos, al momento de abrir la operación. En simultáneo, vamos a comprar *puts* que tengan un precio de ejercicio 30% menor al precio actual del subyacente (o sea, que estén *deep-out-of-the-money*) y con un vencimiento promedio de 365 días corridos, respecto al momento de apertura de la operación.

b. El activo subyacente

A los efectos del análisis de la estrategia, escogemos un índice representativo del precio de acciones de empresas cotizantes en el mercado de capitales de Estados Unidos, que asegure variedad de opciones sobre el mismo y liquidez suficiente para que, con supuestos mínimos sobre costos de transacción y *bid-ask spreads*, sea lo suficientemente realista el testeo. Por otro lado, es una manera de obviar el famoso sesgo de supervivencia (*survivorship bias*), que podría llegar a ocurrir en la selección de activos individuales al utilizar bases de datos externas.

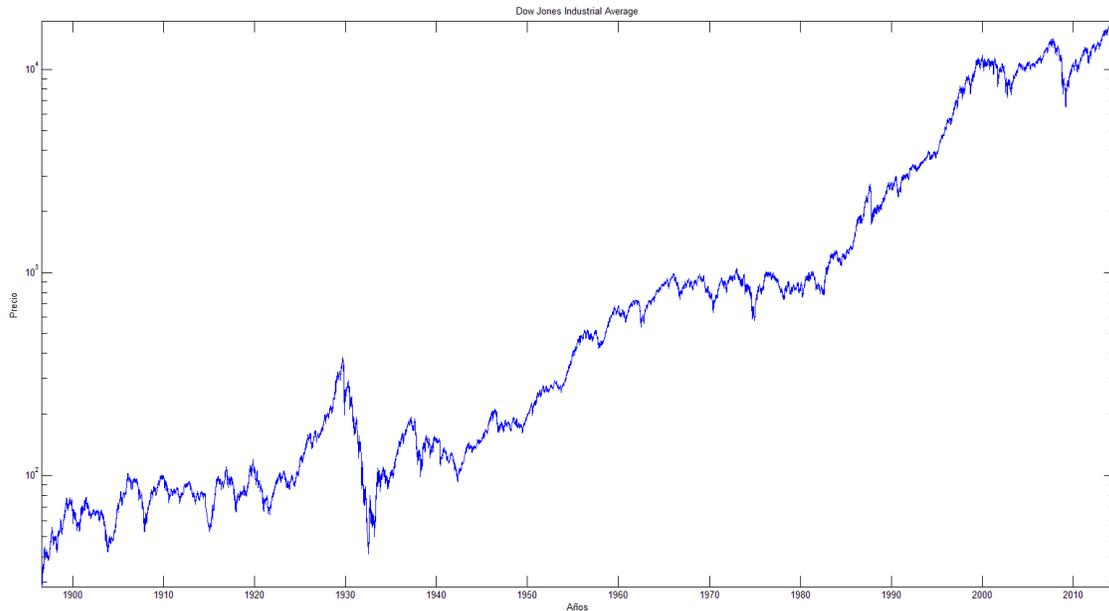
En la implementación de la estrategia trabajaremos entonces con opciones de venta (*put*) sobre el índice DJX, que refleja el comportamiento del índice *Dow Jones Industrial Average*, del mercado de capitales estadounidense, en una proporción 1/100 del mismo. Se lanzan opciones, cobrando las respectivas primas, y se reasegura vendiendo opciones (pagando a su vez las primas correspondientes).

Este índice representará también el *benchmark* contra el cual realizaremos las comparaciones, bajo la modalidad de una inversión pasiva en el propio índice.

² Para un detalle intuitivo de las diferentes estrategias en opciones se sugiere consultar el libro “The Complete Guide to Option Selling”, (2009) de Cordier J. y Gross M.

El siguiente gráfico nos muestra la evolución histórica de su precio (en escala logarítmica), para los últimos 118 años.

Gráfico III

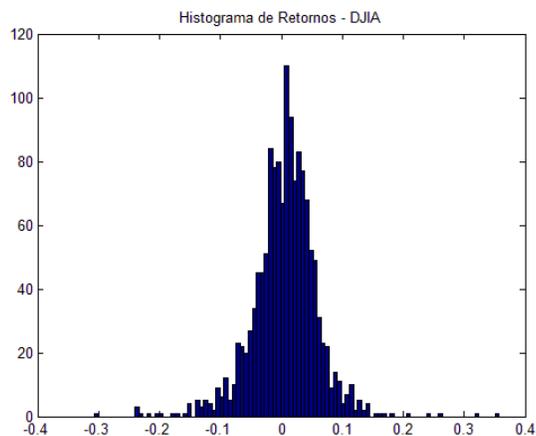


Mientras que las estadísticas descriptivas para los retornos mensuales pueden apreciarse en la siguiente tabla combinada:

Estadísticas Descriptivas	
	DJIA
Media	0,0059
Mediana	0,0084
Desvío Estándar	0,0535
Kurtosis	8,0234
Asimetría	-0,1749
Mínimo	-0,3070
Máximo	0,3576

Las observaciones son mensuales.
El período cubierto es Jul-1896 a Jul-2014.

Tabla I



c. Particularidades de la estrategia

A la hora de llevar a cabo el *backtesting* de la estrategia, es necesario especificar ciertas cuestiones, así como fijar características objetivas en el proceder del "supuesto *trader*", con la finalidad de imponerle realismo y un mayor grado de veracidad al proceso, sin correr el riesgo de encontrarse con problemas de *look-ahead bias* o *data mining*.

A los efectos del cálculo del rendimiento del portafolio para su posterior comparación, consideramos como capital invertido, en el caso de las estrategias de inversión de opciones, el disponible para entregar como margen en la operatoria de las opciones. Teniendo en cuenta el manejo de riesgo (en este caso, evitar un *margin call*), no escalaremos la operatoria hasta el punto en que entreguemos la totalidad del capital como margen (por lo menos no al momento de 'abrir' posiciones). Entonces, la totalidad del capital será invertida en letras del tesoro americano a 4 semanas (*4-weeks Treasury Bills*) y los mismos servirán de colateral para entregar como margen (se computan al 99,5%). Finalmente, el rendimiento del portafolio proviene de la comparación *ex post* del neto de cobranzas y gastos en primas por opciones lanzas y compradas, y los retornos *risk-free* de las letras adquiridas, versus la cartera total disponible al momento inicial.

En lo que respecta a costos de transacción y fricciones de mercado, hemos supuesto un costo de operatoria de 0,5% para abrir y cerrar posiciones en opciones. Por otro lado, siempre que se venda una opción, se hará a su precio *bid*, mientras que siempre que se compre una opción, la transacción se realizará a su precio *ask*. Si bien el *spread* entre puntas no es importante, preferimos imponerle esta condición a la estrategia, al no disponer del *order book* con los precios y cantidades a los cuales se podría haber transado, y por ende desconocer el *slippage* causado por nuestra operatoria.

Por otro lado, en el caso de las opciones vendidas, de sufrir el índice una caída mayor al 7,5% se hará el *rollover* de la posición, cerrando dicha parte de la operación, y abriendo una nueva posición vendida en una opción de venta nueva, que vuelva a cumplir con las características originales (precio de ejercicio lo más cercano posible al subyacente, y plazo a vencimiento de aproximadamente 90 días de corrido).

A su vez, se da una particularidad para tener en cuenta. En escenarios fuertemente alcistas, la opción vendida puede devengar su valor rápidamente, cotizando en un precio muy cercano a cero. Entonces, esperar hasta su vencimiento es subóptimo, puesto que se corre todo el riesgo (de que vuelva a subir de precio) y las posibilidades de ganancia son marginales (en caso de seguir subiendo el índice, el precio de la opción tienen como límite inferior el valor cero). Es así que definimos la siguiente regla: en caso de que el

precio de la opción vendida caiga por debajo del 20% del precio recolectado al momento de la venta, cerraremos esta posición y abriremos una nueva. Cabe aclarar que todas estas imposiciones corren en paralelo con el modelo de regímenes que desarrollaremos en el punto *e*.

d. Algoritmo de ciclos

En las últimas décadas, la econometría aplicada a finanzas ha intentado documentar muchas de las características que exhiben los retornos de los activos financieros, tanto en forma individual como conjunta. Entre estas características podemos enumerar cuestiones tales como los sucesos de *clustering* en la volatilidad, el *equity premium*, las distribuciones con *fat-tail*, etc. Resulta de sumo interés, para el testeo de la estrategia en cuestión, explorar los ciclos de expansión y contracción que experimentan los mercados, con el fin de definir un óptimo *ex-post* sobre el cual poder comparar. Estos ciclos, en la jerga financiera, son conocidos como mercados *bullish* y *bearish*, respectivamente.

Algoritmos tendientes a caracterizar dichos ciclos, en los mercados, han sido adaptados por Pagan y Sossounov (2003) y Gonzalez, et al. (2004), entre otros, de una metodología original desarrollada por Bry y Boschan (1971) en su *paper* seminal. Tomaremos características de los mismos para avanzar con esta clase de modelos, puesto que han mostrado ser lo suficientemente exitosos a la hora de localizar períodos, a lo largo del tiempo, que pueden caer dentro de la categorización de mercados alcistas o bajistas. Dado que la transición de una fase *bullish* a una *bearish* (y viceversa) involucran puntos de quiebre en la serie de tiempo, es necesario esgrimir una definición de los mismos, para poder proceder a caracterizar los ciclos.

La definición de un mercado alcista (bajista) carece de rigurosidad, y deriva más de usos y costumbres establecidos por la prensa especializada. Se insiste en que, para clasificar como tal, un mercado debe experimentar un alza (baja) mayor a entre 20% y 25%; aunque también podría utilizarse nociones tales como un alza (baja) generalizada en los precios de mercado, tal cual lo hacen Chauvet y Potter (2000). Esta última definición implica que el mercado pasará de un período *bullish* a uno *bearish* (cambio de fase), en tanto y en cuanto los precios hayan experimentado un período prolongado de caída (suba) respecto a su pico (valle) previo. Esto no invalida súbitas alzas durante un período *bearish*, como tampoco caídas transitorias durante un período *bullish*.

Dado lo antes comentado, vamos a definir el algoritmo, expresado en un set de reglas, con la finalidad de poder reconocer patrones en la serie de tiempo en cuestión, replicando el desarrollo de Pagan y Sossounov. Dichos autores establecen dos tipos de reglas. Una primera que resulta ser un criterio para decidir la ubicación de potenciales picos y valles, buscando puntos que son mayores o menores que una ventana de puntos

adyacentes. La segunda regla consiste en medir la duración entre estos puntos y adoptar un set de reglas de monitoreo, para entonces restringir la extensión mínima de cualquier fase, así como también de los ciclos enteros.

A la hora de trabajar con el índice de mercado, la periodicidad de nuestros datos será mensual, a los fines de catalogar los ciclos. Por otro lado, la ventana de puntos adyacentes sobre la cual se buscará comparar para encontrar máximos o mínimos será de 8 observaciones, y la extensión mínima de tiempo para estar dentro de una fase será de 4 meses. También, teniendo en cuenta la ventana de puntos antes definida, el mínimo período para definir a un ciclo completo será de 16 meses. Finalmente, dado que los activos financieros pueden experimentar fuertes movimientos repentinos, es necesario anexar una regla para invalidar la duración mínima de cualquier fase. Entonces, de suceder un movimiento mayor al 20% en los precios durante un mes, la restricción acerca de la duración mínima de una fase puede ser ignorada.

En la siguiente tabla se presentan los resultados para el índice, con el algoritmo corrido entre Julio de 1896 y Julio de 2014:

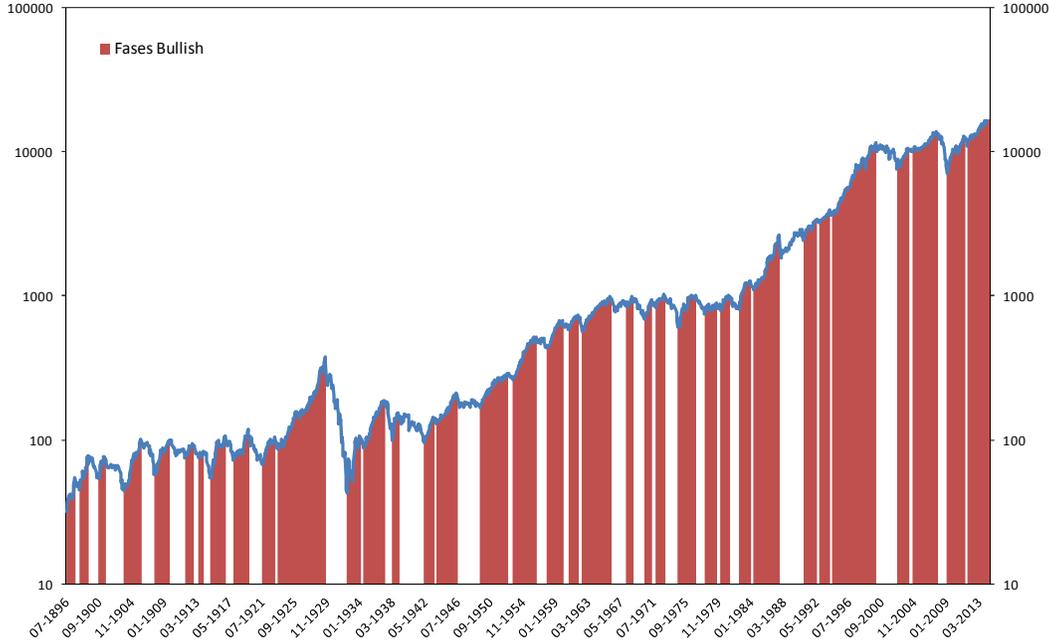
Tabla II

Picos y Valles: muestra desde Julio 1896 hasta Julio 2014

Período bearish			Período bullish		
Fechas	Retorno promedio	D.E.	Fechas	Retorno promedio	D.E.
08/1897 - 03/1898	-0,0257	0,0425	07/1896 - 08/1897	0,0439	0,0624
04/1899 - 09/1900	-0,0190	0,0564	03/1898 - 04/1899	0,0435	0,0656
07/1901 - 11/1903	-0,0175	0,0468	09/1900 - 06/1901	0,0405	0,0575
01/1906 - 11/1907	-0,0236	0,0551	11/1903 - 01/1906	0,0331	0,0464
09/1909 - 09/1911	-0,0110	0,0352	11/1907 - 09/1909	0,0261	0,0419
09/1912 - 06/1913	-0,0249	0,0223	09/1911 - 09/1912	0,0194	0,0326
01/1914 - 12/1914	-0,0365	0,0388	06/1913 - 01/1914	0,0150	0,0364
11/1916 - 11/1917	-0,0297	0,0527	12/1914 - 11/1916	0,0313	0,0655
10/1919 - 08/1921	-0,0239	0,0612	11/1917 - 10/1919	0,0225	0,0426
02/1923 - 07/1923	-0,0345	0,0357	08/1921 - 02/1923	0,0251	0,0317
08/1929 - 06/1932	-0,0558	0,1100	07/1923 - 08/1929	0,0216	0,0495
01/1934 - 07/1934	-0,0317	0,0377	06/1932 - 01/1934	0,0591	0,1491
02/1937 - 03/1938	-0,0441	0,0859	07/1934 - 02/1937	0,0252	0,0343
12/1938 - 04/1942	-0,0102	0,0582	03/1938 - 12/1938	0,0537	0,0869
06/1943 - 11/1943	-0,0196	0,0344	04/1942 - 06/1943	0,0297	0,0195
05/1946 - 06/1949	-0,0057	0,0371	11/1943 - 05/1946	0,0171	0,0327
12/1952 - 08/1953	-0,0136	0,0212	06/1949 - 12/1952	0,0138	0,0308
07/1956 - 12/1957	-0,0095	0,0346	08/1953 - 07/1956	0,0203	0,0347
12/1959 - 09/1960	-0,0165	0,0431	12/1957 - 12/1959	0,0190	0,0239
12/1961 - 06/1962	-0,0424	0,0398	09/1960 - 12/1961	0,0157	0,0203
01/1966 - 02/1968	-0,0056	0,0379	06/1962 - 01/1966	0,0135	0,0289
11/1968 - 06/1970	-0,0183	0,0401	02/1968 - 11/1968	0,0182	0,0324
04/1971 - 11/1971	-0,0172	0,0322	06/1970 - 04/1971	0,0329	0,0262
12/1972 - 09/1974	-0,0231	0,0492	11/1971 - 12/1972	0,0162	0,0294
12/1976 - 02/1978	-0,0211	0,0257	09/1974 - 12/1976	0,0201	0,0529
08/1979 - 03/1980	-0,0162	0,0484	02/1978 - 08/1979	0,0109	0,0438
03/1981 - 07/1982	-0,0130	0,0286	03/1980 - 03/1981	0,0211	0,0342
11/1983 - 05/1984	-0,0234	0,0283	07/1982 - 11/1983	0,0297	0,0412
08/1987 - 12/1987	-0,0700	0,1220	05/1984 - 08/1987	0,0237	0,0422
05/1992 - 10/1992	-0,0100	0,0244	12/1987 - 05/1992	0,0114	0,0399
01/1994 - 06/1994	-0,0180	0,0324	10/1992 - 01/1994	0,0143	0,0208
12/1999 - 09/2002	-0,0112	0,0519	06/1994 - 12/1999	0,0185	0,0419
02/2004 - 10/2004	-0,0066	0,0160	09/2002 - 02/2004	0,0206	0,0422
10/2007 - 02/2009	-0,0403	0,0513	10/2004 - 10/2007	0,0094	0,0232
04/2011 - 09/2011	-0,0314	0,0200	02/2009 - 04/2011	0,0240	0,0417
			09/2011 - 07/2014	0,0128	0,0304

Dicha información también puede apreciarse gráficamente:

Gráfico III
DJIA filtrado por algoritmo de ciclos
 -escala logarítmica-



e. Modelos de *Regime-Switching*

La inestabilidad estructural de un proceso generador de datos sigue siendo desafiante, no sólo a la hora de modelar con datos empíricos, sino que también al momento de la toma de decisiones en cualquier proceso de inversión financiera. Esta ha sido testada por Chow (mediante un test F), bajo el limitante de tener la necesidad de conocer los momentos en los cuales dicho cambio estructural sucede, para poder definir las submuestras.

Dado que, para nuestro problema, tenemos poca información sobre el momento en el cual se da dichos quiebres en la serie (cambios estructurales), debemos inferirlos, así como también la significancia del parámetro. Es ahí donde entran en escena los modelos de *regime-switching*. Para el mismo planteamos una especificación autorregresiva de orden k , con media y varianza que responden a una cadena de *Markov* de primer orden y M estados:

$$\phi(B)(y_t - \mu_{s_t}) = \varepsilon_t \quad [1]$$

donde los residuos se encuentran normalmente distribuidos, con media cero y varianza dependiente del estado en que se encuentre, $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_{S_t}^2)$.

A su vez, cada uno de los estados está denotado por S , y las probabilidades de transición son $P(S_t = j | S_{t-1} = i) = p_{ij}$, $i, j = 1, 2, \dots, M$, con la condición de que $\sum_{i=1}^M p_{ij} = 1$.

Entonces la media del proceso quedaría definida por $\mu_{S_t} = \sum_{k=1}^M \mu_k S_{kt}$, mientras que la varianza sería $\sigma_{S_t}^2 = \sum_{k=1}^M \sigma_k^2 S_{kt}$, donde $S_{mt} = 1$ si $S_t = m$ y cero en otro caso. La solución al problema queda determinada por la maximización del logaritmo de la función de verosimilitud con respecto a los parámetros:

$$f(y_t | \psi_{t-1}, S_t, S_{t-1}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{S_t}^2}} \exp\left(-\frac{\{(y_t - \mu_{S_t}) - \phi_1(y_{t-1} - \mu_{S_{t-1}})\}^2}{2\sigma_{S_t}^2}\right) \quad [2]$$

$$\ln L = \sum_{t=1}^T \ln[f(y_t | \psi_{t-1}, S_t, S_{t-1})]$$

Ahora bien, para poder escribir la función de densidad de y_t dado su pasado, ψ_{t-1} , necesitamos conocer S_t y S_{t-1} , dos variables no observadas. Entonces, la función de densidad conjunta de y_t , S_t y S_{t-1} , condicional a la información pasada queda definida como:

$$f(y_t, S_t, S_{t-1} | \psi_{t-1}) = f(y_t | S_t, S_{t-1}, \psi_{t-1}) \Pr[S_t, S_{t-1} | \psi_{t-1}] \quad [3]$$

donde $f(y_t | S_t, S_{t-1}, \psi_{t-1})$ fue definida más arriba. Para obtener $f(y_t | \psi_{t-1})$ tenemos que integrar por S_t y S_{t-1} a dicha función de densidad conjunta, para todos los valores de S_t y S_{t-1} posibles,

$$f(y_t | \psi_{t-1}) = \sum_{S_t=1}^M \sum_{S_{t-1}=1}^M f(y_t, S_t, S_{t-1} | \psi_{t-1}) \quad [4]$$

$$= \sum_{S_t=1}^M \sum_{S_{t-1}=1}^M f(y_t | S_t, S_{t-1}, \psi_{t-1}) \Pr[S_t, S_{t-1} | \psi_{t-1}]$$

El último problema por abordar es calcular las probabilidades de transición, $\Pr[S_t = j, S_{t-1} = i | \psi_{t-1}]$, de forma iterativa. Primero, dado que conocemos $\Pr[S_{t-1} = i | \psi_{t-1}]$, $i = 1, 2, \dots, M$, al inicio del tiempo t , los términos de transición $\Pr[S_t = j, S_{t-1} = i | \psi_{t-1}]$, $i = 1, \dots, M$, $j = 1, \dots, M$, se calculan como:

$$\Pr[S_t = j, S_{t-1} = i | \psi_{t-1}] = \Pr[S_t = j, S_{t-1} = i] \Pr[S_{t-1} = i | \psi_{t-1}] \quad [5]$$

donde $\Pr[S_t = j, S_{t-1} = i]$ son las probabilidades de transición. Una vez que observamos la variable y_t al final del tiempo t , podemos actualizar las probabilidades,

$$\begin{aligned} \Pr[S_t = j, S_{t-1} = i | \psi_t] &= \Pr[S_t = j, S_{t-1} = i | \psi_{t-1}, y_t] \\ &= \frac{f(S_t = j, S_{t-1} = i, y_t | \psi_{t-1})}{f(y_t | \psi_{t-1})} \end{aligned} \quad [6]$$

Finalmente, y lo que resulta de real interés a nuestra estrategia de inversión, tenemos que las probabilidades de estar en un determinado estado j , con toda la información disponible hasta ese momento, es:

$$\Pr[S_t = j | \psi_t] = \sum_{S_{t-1}=1}^M \Pr[S_t = j, S_{t-1} = i | \psi_t] \quad [7]$$

Vale aclarar que, para comenzar el proceso en $t = 1$, podemos utilizar las condiciones o probabilidades de estado estacionario (por ejemplo, las probabilidades que surgen de ponderar los momentos que se está en un estado *bearish* o *bullish* del algoritmo de ciclos aplicado en el punto anterior).

III. Resultados

a. Caracterización de las fases del ciclo

Aplicado el algoritmo de ciclos, se arriban a interesantes conclusiones acerca de las características de cada una de las fases del ciclo. En primer lugar, desde 1896 a la fecha, hay 35 ciclos completos y actualmente nos encontramos en el 34avo mes de la fase *bullish* de un nuevo ciclo. En promedio las fases alcistas tienen una vida promedio de 24,78 meses, mientras que las bajistas duran casi 15 meses. El retorno acumulado promedio de las fases *bullish* es de 73,55%, mientras que el de las fases *bearish* asciende a -25,75%.

Si bien los retornos mensuales promedios son similares entre fases –con el respectivo cambio de signo–, las fases bajistas muestran un desvío estándar más alto (5,4% mensual, vs. 4.6% para el caso alcista). Otro resultado en línea con lo esperado es que, para retornos mensuales, las fases alcistas tienden a ser más leptocúrticas que las fases bajistas, con un coeficiente de asimetría positiva (mayor concentración de observaciones a la derecha de la media), mientras que para las fases bajistas es negativa (mayor concentración de observaciones a la izquierda de la media).

En la siguiente tabla resumimos los resultados promedios, para observaciones mensuales:

Tabla III

Características de las fases del ciclo		
Promedios	Mercados Alcistas	Mercados Bajistas
Cantidad	36	35
Duración	24,78	14,97
Retorno acumulado	73,546%	-25,753%
Retorno mensual	2,164%	-2,104%
CMGR	2,319%	-2,463%
Desvío Estándar	4,589%	5,386%
Kurtosis	6,9323	3,1839
Asimetría	1,0365	-0,8981
Meses con retornos positivos	637/892 (71,41%)	180/524 (34,35%)
% de meses en mercados alcistas	892/1416 (62,99%)	

Nota: CMGR = *Compound Monthly Growth Rate*

b. La estrategia *Buy-and-Hold*, el benchmark original

Como ya hemos mencionado, el *benchmark* original contra el cual realizaremos las comparaciones no es más ni menos que una inversión pasiva en el propio índice. La misma se realizará a través de la compra de acciones de un ETF que replica al Dow Jones Industrial Average (con ticker "DIA"). Vale aclarar dos cuestiones en este punto. Para obviar problemas en cuanto a la perfecta divisibilidad del activo, suponemos que cobramos los dividendos, pero estos no son reinvertidos. Por otro lado, dado que dicho ETF empieza a cotizar el 20 de Enero de 1998, mientras que nuestro testeo sobre opciones comienza a partir del 6 de Octubre de 1997, completaremos la serie con un proxy del DJX para lo que resta. La inversión finaliza el 30 de agosto de 2013, a la par de la estrategia de opciones.

Los datos a destacar de esta estrategia son un retorno promedio de 6,11% por año, con una volatilidad de 14%, generando un ratio de *Sharpe* para dicha inversión de aproximadamente 0,2356. El resto de las características de la inversión quedan resumidas en el siguiente cuadro:

Tabla IV

Perfil estrategia "Buy and Hold"		
	Mensuales	Anuales
Media	0,51%	6,11%
Mediana	0,87%	7,68%
CGR*	0,42%	5,24%
Exceso de Retorno	0,27%	3,31%
Desvío Estándar	4,02%	14,06%
Kurtosis	1,3234	0,2004
Asimetría	-0,5671	-0,3342
Máximo	9,94%	46,05%
Mínimo	-15,09%	-34,44%
Ratio de Sharpe		0,2356

*CGR = Cumulative Growth Rate apropiada a cada *sampling*

c. Estrategia 'óptima' con algoritmo de ciclos

La aplicación del algoritmo de ciclos tiene un problema de *look-ahead bias*, puesto que necesitamos conocer, por lo menos, 8 observaciones por delante de la actual para poder determinar en qué fase del ciclo nos encontramos. Sin embargo, no deja de ser útil, tanto a la hora de establecer una *benchmark* "ideal" sobre el cual poder comparar la estrategia, así como un marco en el cual testear el poder predictivo del modelo de *regime-switching*.

Es así como, en un mundo favorable, donde podemos discernir de manera acabada entre las fases alcistas y bajistas del ciclo, la estrategia de inversión óptima queda determinada por este algoritmo. La misma logrará más que triplicar el retorno esperado, y si bien no logra bajar la volatilidad anual, nos permite aumentar el ratio de *Sharpe*, pasando de 0,2356 hasta 1,0843, y con una baja correlación respecto a los retornos del índice de mercado. Podemos apreciarlo con más lujo de detalle en la siguiente tabla:

Tabla V

Perfil estrategia "Óptimo por algoritmo de ciclos"		
	Mensuales	Anuales
Media	1,55%	21,08%
Mediana	1,34%	17,23%
<i>CGR</i> *	1,47%	19,28%
Exceso de Retorno	1,32%	18,07%
Desvío Estándar	3,79%	16,66%
Kurtosis	2,1660	2,7685
Asimetría	-0,2548	1,4907
Máximo	12,76%	84,10%
Mínimo	-15,09%	-5,64%
Correlación	0,1365	-0,1979
Ratio de Sharpe		1,0843

**CGR* = Cumulative Growth Rate apropiada a cada *sampling*

d. Estrategia ‘naive’ de opciones

En una primera pasada, realizamos el *backtesting* de una estrategia a la cual definiremos ‘naive’ (ingenua) básicamente porque considera un único estado de la naturaleza. Como se puede apreciar en el desarrollo del algoritmo de ciclos (y su caracterización con datos de mercado), las fases dentro de un ciclo existen y su perfil de retorno y volatilidad difieren entre sí significativamente. Entonces, es de esperar que, cualquiera sea el resultado, será sub-óptimo, puesto que limita las formas de invertir a una sola: hacer exactamente lo mismo en cualquier estado de la naturaleza.

Testeado los resultados con datos de mercado, esta estrategia termina mejorando la situación, o *benchmark*, original: la inversión pasiva en el *Dow Jones Industrial Average* mediante un *ETF*. Cabe aclarar que no se genera una dominancia fuerte en el sentido estricto de media y varianza, puesto que si bien tenemos un mayor retorno esperado (y un mayor exceso de retorno), vendrá acompañado de un aumento en la volatilidad. A juzgar por todas las métricas en su conjunto, la distribución de retornos de esta estrategia muestra ser superadora, con un mayor retorno anual promedio y un ratio de *Sharpe* que casi duplica a la estrategia pasiva (0.4119 vs. 0.2356). En cuanto a la distribución de retornos, en términos mensuales, presenta una mayor kurtosis y un coeficiente de asimetría más negativo, propiedades deseable. Por último, el coeficiente de correlación con la estrategia pasiva está en torno a 0.85/0.90, dependiendo la

frecuencia que se observe. Para una mayor precisión en los datos se puede observar la siguiente tabla:

Tabla VI

Perfil estrategia "Naive" de opciones		
	Mensuales	Anuales
Media	0,89%	11,01%
Mediana	1,81%	14,04%
CGR*	0,75%	9,39%
Exceso de Retorno	0,71%	8,16%
Desvío Estándar	5,17%	19,82%
Kurtosis	3,7281	0,5233
Asimetría	-1,3036	-0,6911
Máximo	12,11%	53,59%
Mínimo	-24,28%	-44,34%
Correlación	0,8954	0,8576
Ratio de Sharpe		0,4119

*CGR = Cumulative Growth Rate apropiada a cada *sampling*

e. Estrategia ‘optimizada’ de derivados, mediante modelo de *regime-switching*.

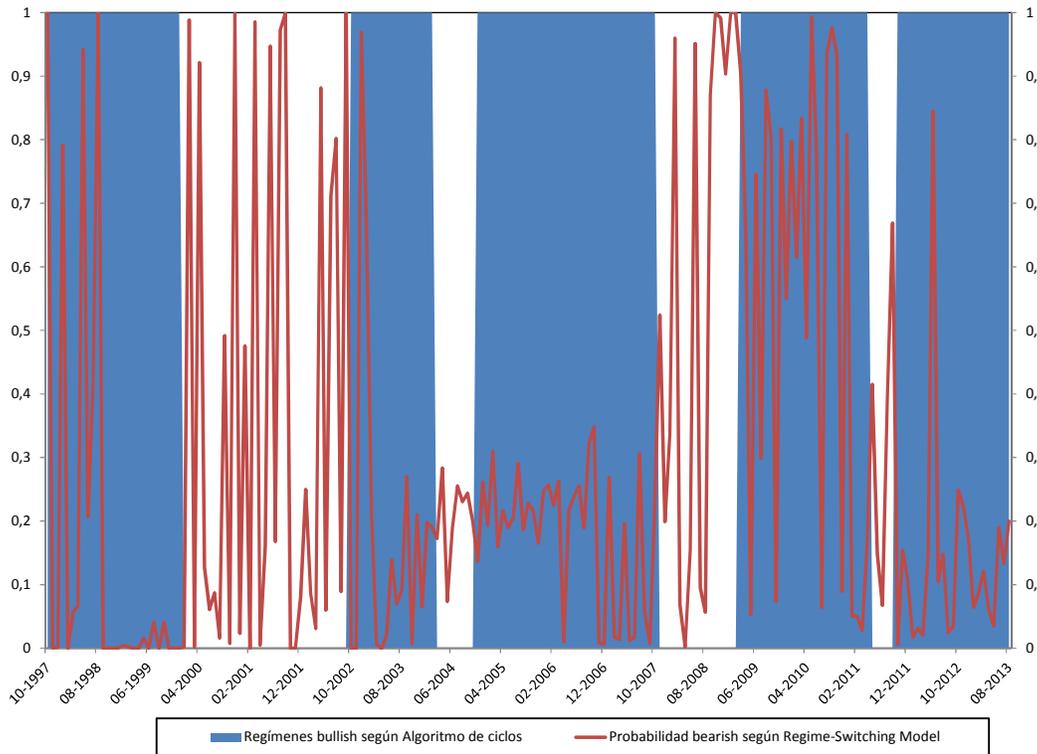
Por último, y con la finalidad de analizar si un modelo de *regime-switching* contribuye a la toma de decisiones en el proceso de inversión, abrimos la posibilidad adicional de rebalancear el portafolio una vez a la semana, dependiendo las probabilidades que surgen de correr un modelo de *regime-switching* sobre los datos.

Para el desarrollo del modelo hemos especificado un proceso autorregresivo de segundo orden AR(2), sumándole una variable exógena, el nivel del índice de volatilidad implícita, VIX, rezagado un período. La distribución de los residuos en normal, con media cero y varianza constante (para cada uno de los regímenes). En términos de regímenes, nos limitamos a fijar dicho valor en dos, uno alcista y otro bajista.

Nuestra nueva regla para invertir ahora será tener en cuenta las probabilidades de estar en una fase *bearish*. Dicha probabilidad, al superar un umbral de 50%, será utilizada para ajustar nuestra posición vendida en *puts*, cerrando la posición. El porqué de este accionar queda determinado tanto por la volatilidad en la serie de probabilidades, así como por los costos de transacción y el *bid-ask spread*, que al dejar de ser despreciables, impactan sobre el *P&L* de la posición en caso de llevar a cabo rebalanceos muy frecuentemente. Cualquier cambio tiene que ser significativo, tanto para desarmar la posición, como para volver a armarla.

En el siguiente gráfico comparamos las probabilidades de estar en un escenario bajista, contra las especificadas por el algoritmo de ciclos:

Gráfico IV



Si bien la detección de los ciclos no es perfecta, la falta de precisión de la misma puede estar relacionada con problemas tanto en la especificación del modelo, así como también en la decisión de incluir o dejar afuera variables relevantes a la hora de determinar los retornos accionarios. Dichas consideraciones quedan para futuros estudios.

Pasando ya a los resultados que surgen de la aplicación de dicho modelo, podemos observar resultados mixtos. Si bien reduce la correlación con el índice, por otro lado también cae el ratio de *Sharpe* versus una estrategia *naive*. Reduce la volatilidad a la hora de invertir, pero a costa de un menor retorno, ya sea aritmético o geométrico. Claramente sirve más para una postura "defensiva" que para una ofensiva.

El resto de los resultados quedan desglosados en la siguiente tabla:

Tabla VI

Perfil estrategia "Regime-Switching" de opciones		
	Mensuales	Anuales
Media	0,62%	7,60%
Mediana	0,50%	9,20%
CGR*	0,52%	6,45%
Exceso de Retorno	0,38%	4,68%
Desvío Estándar	4,25%	15,25%
Kurtosis	7,5118	0,9507
Asimetría	-1,6429	0,1053
Máximo	12,11%	56,69%
Mínimo	-24,28%	-31,51%
Correlación	0,7156	0,7451
Ratio de Sharpe		0,3067

*CGR = Cumulative Growth Rate apropiada a cada *sampling*

IV. Conclusiones

Las inversiones requieren de un adecuado conocimiento de las dimensiones de riesgo, retornos, liquidez y horizonte. Asimismo requiere de decisiones que se encuentren fundamentadas en conceptos académicos, herramientas y análisis de datos que proporciona la experiencia. Invertir acorde a las circunstancias y el ambiente en el que nos encontramos es un factor fundamental a la hora de generar retornos robustos, ponderados por riesgo. Los problemas que tienen los modelos estándares de valuación provienen de suponer que existe un único proceso generador de retornos, o bien quedar sujetos a problemas en la especificación de la muestra a la hora de estimar sus parámetros.

Hemos encontrado en varias oportunidades reglas de inversión u oportunidades cuyo único fundamento proviene del azar, aun cuando sus promotores consideran que se originan en sus habilidades y conocimientos especiales. De este tipo de sesgos abundan las finanzas, y en especial la inversión en los activos financieros en los mercados de capitales, donde la suerte puede ser confundida con talento y capacidad. Una de dichas estrategias proviene de la venta de opciones, que de manera similar a una empresa de seguros, funciona mientras nadie reclame el siniestro, es decir que no tiene un adecuado

soporte estadístico, por ello en el presente trabajo hemos procedido a verificar de manera estadística una posible estrategia para analizar sus resultados.

Asimismo, flexibilizar el proceso de estimación, suponiendo que existen distintos regímenes, surge como una alternativa a quedar expuestos a la subjetividad del analista en la toma de decisiones. Esto posee sus beneficios y sus contras, pero en todo caso, hace exógena al llamado 'estómago' del individuo la detección del estado de la naturaleza en el cual se encuentra el mercado en su conjunto.

La prueba sobre su *performance* ha quedado expuesta y, si bien existe margen tanto para ahondar en la metodología como en la elección de variables relevantes y reglas de decisión que agreguen realismo a la hora de implementar este tipo de estrategias, creemos firmemente que hemos mostrado importantes avances. Incluimos fricciones propias de la realidad de los mercados, a un problema que generalmente se hace 'in-vitro', arrojando resultados consistentes. En el presente trabajo hemos expuesto evidencia al respecto.

APENDICE A: DATOS

Los datos de mercado utilizado para testear la estrategia de inversión fueron en base a observaciones diarias. La serie de precios diarios para el subyacente fue del DJX, que representa 1/100 del DJIA (*Dow Jones Industrial Average*), y sus correspondientes opciones de venta. Para la parte *short* de la estrategia, la característica de la opción es que, al momento de la apertura de una posición, se encuentra *at-the-money* (ATM), definido en base a un *moneyness* de 1, con un *time-to-maturity* (TTM) en promedio de 90 días. Para la parte *long* de la estrategia, la característica de la opción es que, al momento de la apertura de una posición, se encuentra *out-of-the-money* (OTM), con un nivel de *moneyness* de 0.7, y un TTM promedio de 365 días. El rango del testeo va entre Octubre de 1997 y Agosto de 2013.

Los datos para construir la serie de ciclos también corresponden al DJIA –sin capitalización de dividendos–, pero ahora con observaciones mensuales, desde Julio 1896 hasta Julio de 2014.

APENDICE B: PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR PUNTOS DE QUIEBRE EN LAS SERIES FINANCIERAS

Aquí detallamos el algoritmo implementado por Pagan y Sossounov, que sirve a nuestro propósito de definir los ciclos de expansión y contracción para el activo subyacente. Los puntos son como se detallan a continuación:

1. Determinar un punto de quiebre inicial, eligiendo los picos (valles) locales, a medida que van ocurriendo, en función de ser el máximo (mínimo) valor en una ventana de tiempo de 8 meses de extensión para cada lado. Para forzar la alternancia de los quiebres, en caso de haber picos (valles) contiguos, seleccionaremos el máximo (mínimo) entre ellos.
2. Operaciones de control (asegurando la alternancia luego de cada una):
 - a. Eliminar quiebres dentro de los 6 meses iniciales y finales de una serie.
 - b. Eliminar picos (o valles) en ambos extremos de la serie que sean menores (o mayores).
 - c. Eliminar ciclos cuya duración sea menor a 16 meses.
 - d. Eliminar fases cuya duración sea menor a 4 meses (excepto ante subas/caídas que excedan el 20%).
3. Detallar los puntos de quiebres finales.

V. Referencias

- Arrow, K. J. and Debreu, G. (1954), "Existence of an equilibrium for a competitive economy". *Econometrica* 22 (3): 265–290
- Black F., and Scholes M. (1973), "The Pricing of Options y Corporate Liabilities". *Journal of Political Economy* 81 (May-June): 637-659
- Bry, G., and Boschan, C. (1971), "Cyclical Analysis of Time Series: Selected Procedures and Computer Programs". *NBER*: New York.
- Chauvet, M., and Potter, S. (2000), "Coincident and leading indicators of the stock market". *Journal of Empirical Finance* 7: 87-111
- Cordier J. y Gross M., (2009). *The Complete Guide to Option Selling*. Mc Graw Hill.
- Cox J., Ross, S., and Rubinstein M. (1979), "Option pricing: A simplified approach". *Journal of Financial Economics* 7, no. 3:229-263
- Gonzalez, L.; Powell, J. G.; Shi, J., and Wilson, A. (2004), "Two centuries of bull and bear market cycles". *International Review of Economics and Finance* 14 (2005): 469-486
- Hull J., (1993). *Options, Futures and other Derivative Securities*. Prentice Hall. Second Ed.
- Kim, C. J., and Nelson, C. R. (1999). *State-Space Models with Regime Switching*. The MIT Press.
- McKenzie, Lionel W. (1959). "On the Existence of General Equilibrium for a Competitive Economy". *Econometrica* 27 (1): 54–71
- Merton R. C. (1973), "Theory of Rational Option Pricing". *Bell Journal of Economics y Management Science* 4, no. 1: 141-183
- Pagan, A. R., and Sossounov, K. A. (2003), "A Simple Framework for Analysing Bull and Bear Markets". *Journal of Applied Econometrics*, Vol 18, No. 1 (Jan. – Feb.): 23-46
- OCC Rules, Option Clearing Company, 2014.