

## **La codicia y la corrupción no dejan calcular los riesgos financieros**

Ricardo Tagliafichi<sup>1</sup>

### **RESUMEN**

Al producirse las crisis se observó esta constante: los que manejaban las inversiones seguían en sus lugares de trabajo explicando lo inexplicable y cobrando suculentos honorarios, mientras los ahorristas que confiaron en ellos perdían sus inversiones por mal asesoramiento. Es por ello que he decidido mostrar, de una forma fácil y sencilla, qué se hace, cómo se hace, qué errores se cometen y cómo debería hacerse, el cálculo de los riesgos de las inversiones.

Por otra parte se plantea la gran pregunta: ¿cuándo y cómo se van a constituir las reservas que cubran los riesgos asumidos al realizar una inversión? Parece ser que poner en marcha Basilea II es imposible.

En el desarrollo del trabajo se analizaron los dos grupos de inversiones: la denominada renta variable que tiene asociado el riesgo de mercado y la denominada renta fija que tiene dos riesgos asociados, el de mercado y el de crédito. En la primera parte se muestran los errores de las hipótesis clásicas, en la segunda parte se hace un detalle de los modelos que remedian los errores mencionados, en la tercera parte se ha procedido a analizar el riesgo de crédito utilizando herramientas más simples, dejando de lado a las calificadoras de riesgo y sus matrices de transición como modelo de cálculo de probabilidad de default y finalmente un análisis de políticas de constitución de reservas para atender a las pérdidas eventuales.

### **ABSTRACT**

During the crisis I observed the following situation: portfolio managers were kept explaining the reasons why we ended up in a financial crisis charging the problem to the credit rating companies and receiving their big honoraries, while the investors who followed

---

1. Actuario de la Universidad Nacional de Buenos Aires. Profesor de Valuación de Activos Financieros de la Escuela de Negocios de la Universidad de Palermo. E-mail: rtagliafichi@speedy.com.ar

their tips lost their savings. The big question is: when the funds, banks and other financial institutions will make reserves for the risk assumed in their investment to cover the possible losses? Putting Basel II into work seems impossible these days.

This work analyzes the two types of investment: assets and fixed rent. In the first part I show the errors of the classical hypothesis, in the second part I brief a group of statistical models that correct the failures of obsolete models, in the third part I explain how to avoid the use of credit ratings and finally what happened with reserves to cover financial risks.

***JEL CLASSIFICATION: G01***

***Keywords:*** Cisnes Negros, Volatilidad, Basilea II, Reservas, Riesgo Financiero.

## Introducción

Desde el famoso viernes negro de octubre de 1987 hasta la fecha, hemos vivido una serie de crisis que fueron agigantando la magnitud de los daños y reduciendo el tiempo transcurrido entre la presentación de cada una de ellas, con distintos niveles de contagio para las economías de las distintas regiones.

Así fue que después del viernes negro de 1987, aparecieron días más oscuros en el quehacer diario como la crisis mexicana, la crisis rusa, la del sudeste asiático, la de Brasil, la de Argentina y comenzamos a analizar sus efectos poniéndoles nombres muy simpáticos tales como efecto tequila, efecto vodka, efecto arroz, efecto caipirinha, efecto tango, respectivamente.

Cuando analizamos el default de Argentina, el monto del mismo ascendía a 160 mil millones de dólares. Comparando con la crisis mexicana que fue de 40 mil millones de dólares, comenzamos a tener idea de la magnitud del crecimiento de cada uno de estos eventos, aunque cada uno de ellos ha tenido efectos de contagio distintos.

Hoy estamos ante una situación donde aún no sabemos si hemos salido de la última crisis o si aún estamos en ella. ¿Lo que sucede con Grecia es un coletazo de la misma o es propia de los griegos? ¿Algunos países se salvaron y salieron de ella y otros quedaron atrapados en la misma? ¿Los países llamados PIGS (Portugal, Greece, Ireland, Spain) son malos administradores o sufren el contagio de la gran crisis? Lo único que sí sabemos es que la magnitud de las crisis alcanzó cifras de muchos miles de millones de dólares y de euros que fueron emitidos para mitigar los efectos de la misma. Si esta emisión de moneda se la hubiesen entregado a cada uno de los habitantes de esta tierra seríamos medianamente ricos.

A la gran crisis de 2008 podemos sumarle algunas otras causas penales de la magnitud de la crisis mexicana como lo es el caso Madoff. Fue tal el impacto de la crisis que hasta la llamamos crisis global y como sus efectos fueron tan devastadores no le hemos encontrado un nombre a la misma.

Leyendo el diario ABC de España, Antonio Garrigues Walker el día 3 de enero de 2010 escribió *“Sorprende por todo ello la escasa reacción del sistema americano ante una crisis que ha generado un gravísimo daño social en términos de paro y pobreza. Nadie, absolutamente nadie, parece sentirse preocupado y menos aun culpable. Todo parece haber quedado resuelto y purificado con el encarcelamiento del Sr. Madoff”*

Es evidente que los culpables de las crisis que vivimos en el pasado y las que estamos viviendo en estos días y que seguiremos viviendo en el futuro, habitan en Wall Street y también en la City. Los organismos de control, las agencias de regulación financiera, las agencias calificadoras de riesgo, las auditorías y las entidades financieras fueron inútiles en el cálculo de los riesgos de las inversiones.

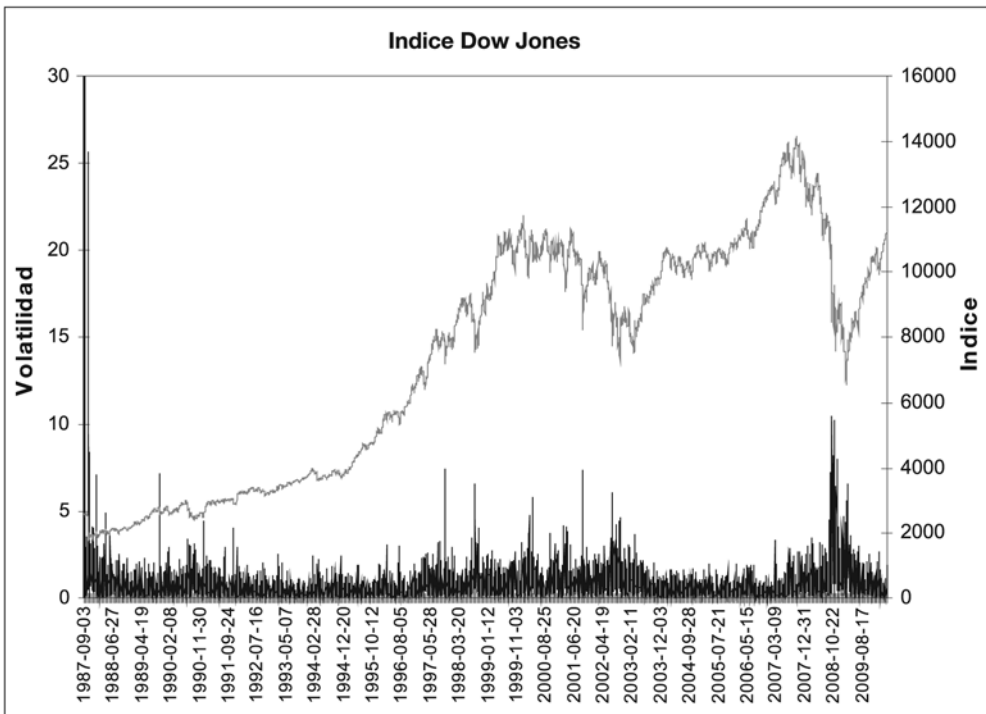
Cuando digo inútiles me estoy refiriendo a: 1) falta de idoneidad profesional en “risk managers”, 2) falta de control por parte de los entes reguladores de la actividad, y 3) la actitud tardía de las calificadoras de riesgo anunciando una baja en las calificaciones de un deudor después de que sus bonos se habían convertido en “bonos basura”. Estos hechos permitieron el desarrollo de una burbuja financiera donde se escapó la razonabilidad de las

inversiones y se ahogaron los sentimientos morales porque no hubo límites al exceso de ambición por los buenos resultados y la obtención de retornos elevados.

Tomaré para el análisis dos series cronológicas, el índice Dow Jones y la tasa Badlar privada. Considero que el primero es representativo de las inversiones en acciones y el segundo sirve como base para el análisis de las inversiones en renta fija.

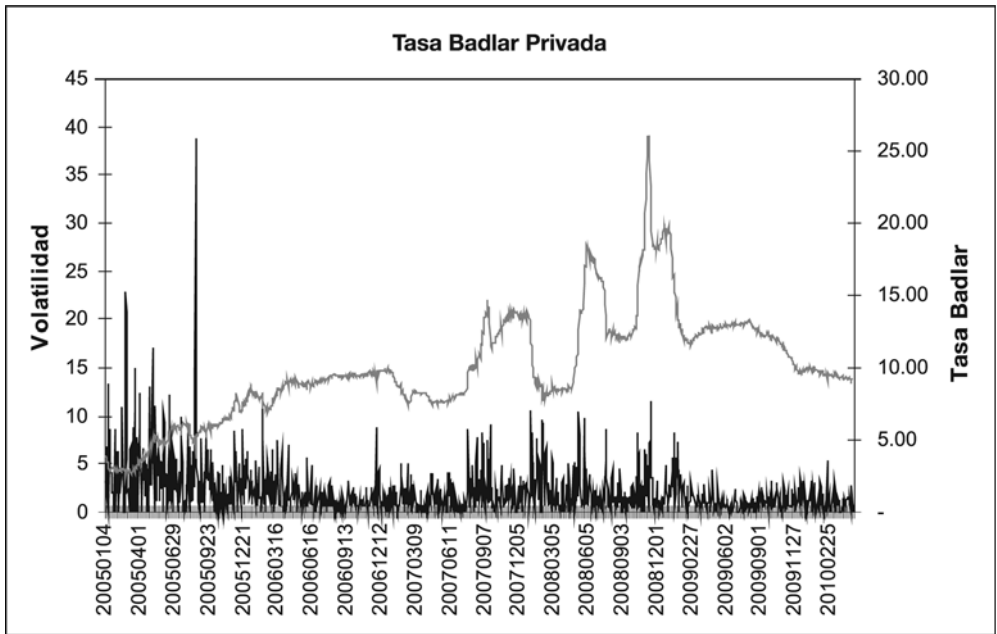
Una muestra de lo que he expresado se presenta en el gráfico siguiente, donde se puede apreciar la evolución del índice Dow Jones desde septiembre de 1987 a la fecha en que estoy escribiendo este artículo.

No pasa lo mismo cuando hablamos de la volatilidad de los mercados, dado que las variaciones del año 1987 en cuanto a resultados negativos no han sido superadas en nuestros días. Para ello se muestra el cuadro adjunto, debido a que cuando se pasa cierto límite de variación de los precios en un día estos activos dejan de cotizar en ese día.



Estamos frente a una situación que podríamos decir que es maquillada en cuanto a los límites diarios, pero muy interesante desde el punto de vista gráfico y cíclico. Hay concentraciones de alta volatilidad cuando se pincha una burbuja financiera. Se nota entonces una volatilidad alta y constante por muchos días pero muy diferente a la gran volatilidad del 1987. Se puede llegar a decir que los procesos son ahora un poco más persistentes que en la década del 80 y el impacto positivo o negativo dura más tiempo que antes.

Como las inversiones no sólo se hacen en activos financieros sino que la mayor parte de las colocaciones de las entidades financieras están en el mercado de deuda o de renta fija, analicemos también qué pasa con la tasa de interés en nuestro país. Para ello tomamos como referencia la tasa Badlar para bancos privados que muestra comportamientos de alta volatilidad cuando hay alzas en este mercado. Recordemos que el mercado de tasas de interés es inverso al mercado de activos, dado que si la tasa de interés sube entonces el valor de los activos de renta fija se deprecia.



Fuente: Banco Central de la República Argentina

Recurso siempre a La Biblia porque en parte Dan Brown<sup>2</sup> tiene razón. Todo lo que creemos que inventamos está allí, no inventamos nada, a lo sumo descubrimos lo que allí está escrito. La Biblia nos dice que “a 7 años de vacas flacas le siguen siete años de vacas gordas”. La profecía indica que en un período de 7 años las situaciones se revierten. Esto lo trataremos de explicar más adelante pero lo cierto es que de las observaciones se infiere una recurrencia de los hechos.

Si hacemos un poco de historia, cuando aparece el día negro de octubre de 1987 se puede apreciar que los expertos en estadística y economía trataron de encontrar un modelo para prevenir futuras crisis y evitar que la gente se suicide como ocurrió en esos días.

2. Dan Brown (2009). “The Lost Symbol”, páginas 610 – 615.

¿Cuál fue el enfoque en ese entonces? Se intentó definir un modelo estadístico que tratase de calcular las máximas pérdidas posibles que se podían presentar por las inversiones realizadas. A partir de ese cálculo se establecía la formación de un depósito equivalente en un portafolio formado por activos libres de riesgo. En otras palabras: una reserva para cubrir pérdidas contingentes.

Entonces, para prevenir las crisis hay que hacer reservas anti cíclicas, cosa que a los economistas les resulta fascinante porque son conscientes de que lo bueno dura poco como consecuencia de la presencia de ciclos en la economía.

A partir de los hechos se plantea un problema: *¿Cómo prevenir una crisis?*

La respuesta se compone de dos partes: a) calcular el monto de lo que se puede perder por las inversiones realizadas o riesgo asumido al realizar ciertas inversiones y b) proceder a realizar las reservas por los valores calculados como riesgo subyacente

En cuanto a la primera parte que consiste en determinar el valor de la pérdida probable, es un problema de cálculo estadístico – financiero que se resuelve aplicando el modelo adecuado. Si se hacen estimaciones en exceso, el modelo no es creíble y en consecuencia nadie repara en los cálculos y se opera al margen del mismo, por otra parte si la estimación produce resultados inferiores a la realidad, estos resultados hacen que no haya surtido efecto dicho cálculo.

Respecto a la segunda parte el problema es que al realizar reservas, dado que se reducen los beneficios y en consecuencia la rentabilidad de las inversiones, lo que afecta a la distribución de dividendos, e inmovilización de recursos para cubrir dichas reservas, con el costo que ello implica. Es necesario tener en claro que las reservas que se hagan para cubrir el riesgo de las inversiones deben ser reinvertidas en otros activos “libres de riesgo” y los “activos libres de riesgo” no producen grandes beneficios

## **Las hipótesis clásicas, los modelos estadísticos y el cálculo de los riesgos**

La estadística es una de las ciencias a la que hay que recurrir para la construcción de los modelos de riesgo. En 1985 comienzan a presentarse varios problemas con los modelos clásicos o tradicionales dado que los modelos utilizados están basados en el famoso teorema central del límite, que fue agriamente criticado por el profesor Nassim Nicholas Taleb<sup>3</sup>. Este teorema establece que cuando la cantidad de datos observados es grande, considerando como grande a más de 100 datos, se puede aplicar la distribución normal de probabilidades.

Para beneplácito de muchos ésta es una gran solución por lo simple que resulta el cálculo y porque allana muchos problemas colaterales. A partir de la distribución normal se construyeron los supuestos de las hipótesis clásicas sobre el comportamiento de los mercados.

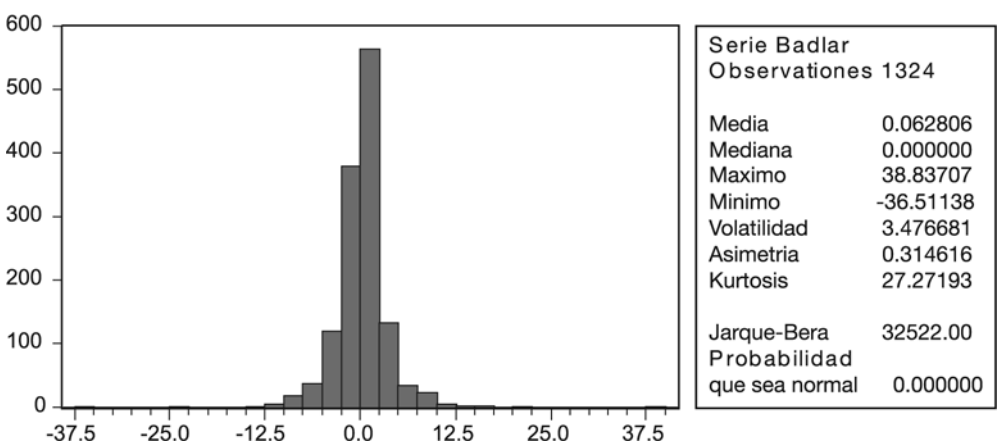
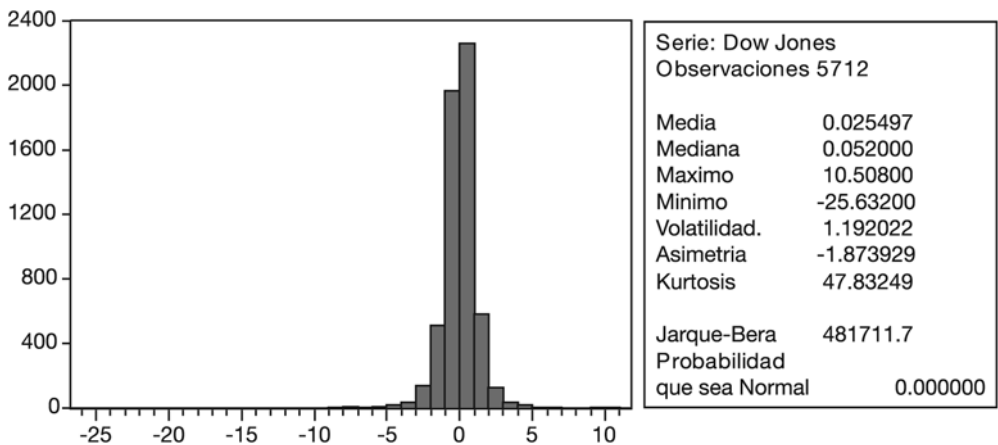
---

3. El cisne negro Nassim Nicholas Taleb Capítulo 15 “La curva de la campana ese Gran Fraude Intelectual”

Dichos supuestos son:

- 1) Cuando hay un número grande de observaciones la variable tiene un comportamiento que sigue a la distribución normal de probabilidades.
- 2) Las variaciones diarias o los retornos son independientes y no tienen relación entre sí.
- 3) Las volatilidad se puede anualizar siguiendo la regla de  $t^{1/2}$ . Este cálculo lo estamos observando en el cálculo de la prima teórica de las opciones y además se lo utiliza para analizar la volatilidad de la cartera para distintos períodos a partir de la volatilidad diaria.
- 4) Las varianzas y covarianzas son estables en el tiempo.

Veamos el comportamiento de las series analizadas:



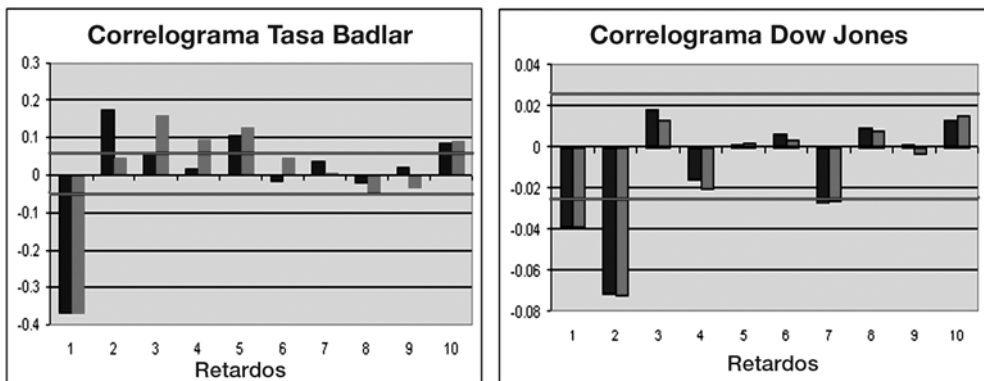
De los dos cuadros anteriores surge claramente que las variaciones diarias, conocidas como retornos, no siguen el comportamiento de la distribución normal. En varios artículos anteriores esto ha quedado demostrado utilizando los tests estadísticos correspondientes

para las distintas series de retornos. Con esta observación se puede rechazar el primer punto de las hipótesis clásicas.

En los cuadros siguientes se demuestra que tampoco se puede aceptar la idea de independencia de los retornos, segundo punto de las hipótesis clásicas. El test de Ljung Box y las funciones de auto correlación y auto correlación parcial así lo demuestran, rechazando la idea de independencia.

Si consideramos que los estimadores de la función de auto correlación,  $\rho_k$  y de auto correlación parcial,  $\phi_{kk}$  tienden a una distribución normal de probabilidades con media 0 y dispersión  $1/\sqrt{n}$ , entonces analizando a los primeros 10 retardos nos encontramos que hay algunos de ellos que rechazan la hipótesis de media igual a 0 (no hay relación entre los mismos) y en consecuencia rechazamos la idea de independencia de los retornos o variaciones diarias, determinando que hay cierta relación entre los mismos.

Las líneas paralelas al eje 0 indican los limites de aceptación de los valores de cada retardo para determinar que el parámetro sea nulo (no hay relación entre los datos) con un 95% de seguridad.



El test de Ljung Box<sup>4</sup> en estos casos rechaza la independencia de los retornos, con lo cual ya se ha demostrado que el segundo punto tampoco se cumple.

4. El test de Ljung Box es un test basado en la función de auto correlación de las variables. El test tiene la siguiente forma:

$$Q = n(n+2) \sum_{i=1}^{10} \frac{\rho_i^2}{n-i} \rightarrow \chi_{10}^2$$

Si los valores encontrados para los primeros 10 retardos superan al valor de una distribución Chi cuadrado con 10 grados de libertad y 0.95 de probabilidad estaríamos rechazando la independencia de la serie cometiendo un error de tipo I del 5%. Recordemos que los 10 retardos implican la relación entre los últimos 10 días de observaciones.



En los próximos dos puntos de las hipótesis clásicas es donde hay un quiebre importante en el análisis del riesgo y en la falacia del uso de ciertos modelos que aún hoy son utilizados por los administradores de inversiones para la toma de decisiones.

Estos puntos son los que se refieren a la volatilidad y también son falsos o, dicho de otra manera, no se cumplen de acuerdo a las observaciones realizadas. Entonces deberían descartarse los modelos del cálculo de un portafolio eficiente desarrollado por Markowitz, o la fórmula de Black and Scholes que se usa para el cálculo de la prima de las opciones. Esto suena como una afirmación un poco fuerte.

En una oportunidad un periodista muy conocido que tiene un programa que analiza el rendimiento de los mercados, en unos de los días de crisis manifestó su sorpresa porque analizando la historia se había encontrado con que la volatilidad tenía períodos de bajos valores y era seguida por períodos de alta volatilidad. Lo que habría que haberle dicho a este señor parafraseando a cierto presidente norteamericano es: “es la heterocedasticidad estúpido”

Esta palabrita nos complica mucho el panorama y obliga a los administradores de riesgo a tener que volver a estudiar. Cierta vez uno me manifestó “los profesores de estadística me complicaron la vida de estudiante con todas esas fórmulas que enseñaban”. Le respondí que si volvía a estudiar ahora los problemas eran más complejos porque al no cumplirse con los supuestos 3) y 4) de las hipótesis clásicas, los modelos se habían complicado más aun.

¿Que es la heterocedasticidad entonces? Lo contrario de la homocedasticidad, condición que se mencionaba como necesaria y no se demostraba en los modelos de regresión lineal y estaba referida a los errores de la estimación. Una definición simple seria decir que la varianza de los errores en una regresión lineal se mantiene constante en el tiempo.

Tomemos como ejemplo la serie de los retornos del Dow Jones y regresemos los datos sobre una constante de manera tal que esa constante represente el valor medio de las observaciones y los datos entonces son los errores de la estimación. Como resultado se obtiene que se encuentren más del 25% de los errores (volatilidad diaria) que superan el valor de la volatilidad esperada, por lo que se determina que la volatilidad no es estable y hay presencia de heterocedasticidad. Si se observa el gráfico que muestra los precios y la volatilidad, al trazar una línea paralela a la altura de 1.19 del eje de la volatilidad, se ve claramente que existe heterocedasticidad y que la volatilidad no es constante. Sucede lo mismo con la serie de variaciones de la tasa Badlar trazando una línea a la altura de 3.4.

Si la volatilidad entonces difiere según los períodos que se analicen, las varianzas no son constantes y las covarianzas tampoco lo son, en consecuencia el modelo de portafolio eficiente de Markowitz depende del período analizado, pero no garantiza la evolución futura.

El otro problema que plantea la volatilidad es consecuencia de la demostración anterior y corresponde a la velocidad de crecida de la volatilidad en el tiempo. Si la volatilidad fuese constante en cada una de las observaciones se podría aplicar la regla de  $t^{1/2}$ , pero como no es así, en consecuencia no se puede aplicar el coeficiente  $s\sqrt{(t/n)}$  que se usa en la fórmula de Black and Scholes, para calcular la volatilidad de un período de  $t$  días a partir de la volatilidad anual.

Para ser más concreto, ¿cuál es el cálculo que hace un analista financiero sobre el valor mínimo puede llegar el índice Dow Jones o que valor máximo puede llegar la tasa Badlar en un período de *t* días o cantidad de ruedas? La mayoría de ellos hacen el siguiente cálculo:

$$PMax = So * \{1 + [(t RM) + (2.33\sigma_t)]\}$$

$$PMin = So * \{1 - [(t RM) + (2.33\sigma_t)]\}$$

Donde *So* = último precio del bien a analizar

RM = Rendimiento medio en %

*t* = cantidad de días

$\sigma_t$  = volatilidad para los *t* días

2.33 es el coeficiente de la normal estandarizada para un 99% de probabilidad

Para calcular la volatilidad de *t* días se usa la regla mencionada de  $t^{1/2}$  o sea:

$$\sigma_t = \sigma_{diaria} \sqrt{t}$$

Si se analiza la tasa de interés Badlar y se calcula la volatilidad para cada período de *t* días nos podemos encontrar con distintas magnitudes de volatilidad para ser consideradas según el siguiente cuadro:

Días	1	5	10	20	30	60	90	150
Volatilidad real	3.48	6.35	9.82	15.19	19.51	28.04	30.52	33.60
Volatilidad con regla de $t^{1/2}$		7.77	10.99	15.54	19.04	26.92	32.97	42.56
Velocidad de trepada o exponente de <i>t</i>		0.37	0.45	0.49	0.51	0.51	0.48	0.45

Es evidente que la velocidad de trepada de la volatilidad no es 0.5 como lo sería si la volatilidad fuese estable, pudiendo observarse distintas velocidades de trepada según el valor de *t* que se tome para su análisis.

Lo mismo ocurre con el índice Dow Jones según se puede observar en la siguiente tabla.

Días	1	5	10	20	30	45	60	75	90
Volatilidad real	1.36	2.62	3.56	5.04	6.28	7.85	8.99	10.16	11.63
Volatilidad con regla de $t^{1/2}$		3.05	4.31	6.09	7.46	9.14	10.55	11.80	12.92
Velocidad de trepada o exponente de <i>t</i>		0.41	0.42	0.44	0.45	0.46	0.46	0.47	0.48

En resumen, lo que se está haciendo no puede ser convalidado por los modelos dado que sometidos a situaciones de stress no responden a lo que en realidad está pasando en el mercado y mucho menos superan lo que se conoce como back testing.

Por lo que mi estimado lector ha leído hasta aquí, sólo ha podido comprobar una serie de demostraciones que lo pueden inquietar dado que es lo que se usa en el mercado para el cálculo de los riesgos de las inversiones. Entonces podrá pensar que los activos que respaldan a sus depósitos en plazos fijos o fondos comunes de inversión o fondos fiduciarios o, lo mas importante y a lo que menos le damos importancia, sus pólizas de seguros, no tienen un cálculo correcto de la probabilidad de pérdida de valor. Si se produce una crisis. ¿cuáles son las reservas que tiene la compañía financiera o de seguros para cubrir las pérdidas por las inversiones?

Seamos claros en este punto. Si donde yo he depositado mis ahorros o donde he colocado mis pólizas de seguros, no han hecho un buen ejercicio para cubrir los efectos de una posible crisis, entonces mis ahorros y mis bienes asegurados corren riesgo de no ser devueltos en el primer caso o que si hay un siniestro no sea resarcido por la compañía de seguros.

Hasta aquí las criticas a cómo se valorizan los riesgos; ahora vienen los modelos y dejamos para el final el tema de las reservas.

## **La teoría de los ciclos y el coeficiente de Hurst**

Uno de los fenómenos que se pueden apreciar es la recurrencia de las crisis, cada vez con menor intervalo de tiempo entre ellas. La teoría de los ciclos está explicada por la estadística tradicional y los modelos fractales a los efectos de determinar la amplitud de dichos ciclos.

Todos conocemos la estadística tradicional y los modelos que de ella se generan, no pasa lo mismo con la matemática fractal o la teoría del caos. Dicen los matemáticos que los modelos de la estadística tradicional pertenecen a Dios y los modelos de la teoría fractal pertenecen al Diablo. La teoría de lo escalable también esta en La Biblia.<sup>5</sup>

Conocer la amplitud de un ciclo permite estimar en cuanto tiempo se puede pinchar una burbuja, no el tamaño de la misma. Sabiendo que dentro de una cantidad de ruedas o días hábiles de cotizaciones se cumple un ciclo, es posible esperar que comience uno que cambie la tendencia de los precios de los activos.

El coeficiente de Hurst es producto de un modelo fractal, expuesto por el profesor Edgar Peter en su libro “Chaos and order in capital markets”. Este modelo fue experimentado por el Ingeniero Hurst para determinar el flujo del río Nilo al construirse la represa de Aswan.

El modelo se construye a partir de fraccionar la serie de datos en pequeños intervalos de manera tal que una serie de  $N$  datos se fracciona en  $k$  pedazos de  $n$  observaciones

---

5. Mateo 25-29 “Porque al que tiene se le dará y abundará; pero a quien no tiene, aun lo que tiene se le quitará”.

ordenadas cronológicamente. Éstas  $n$  observaciones representan una cantidad de días. En cada fracción  $k$  se calcula lo siguiente:

$$R / S_n = \frac{Max(x_1 \cdots x_k) - Min(x_1 \cdots x_k)}{S_n}$$

Donde:  $x_1, \dots, x_k$  son las  $k$  observaciones del pequeño intervalo  
 $S_n$  es la volatilidad del período

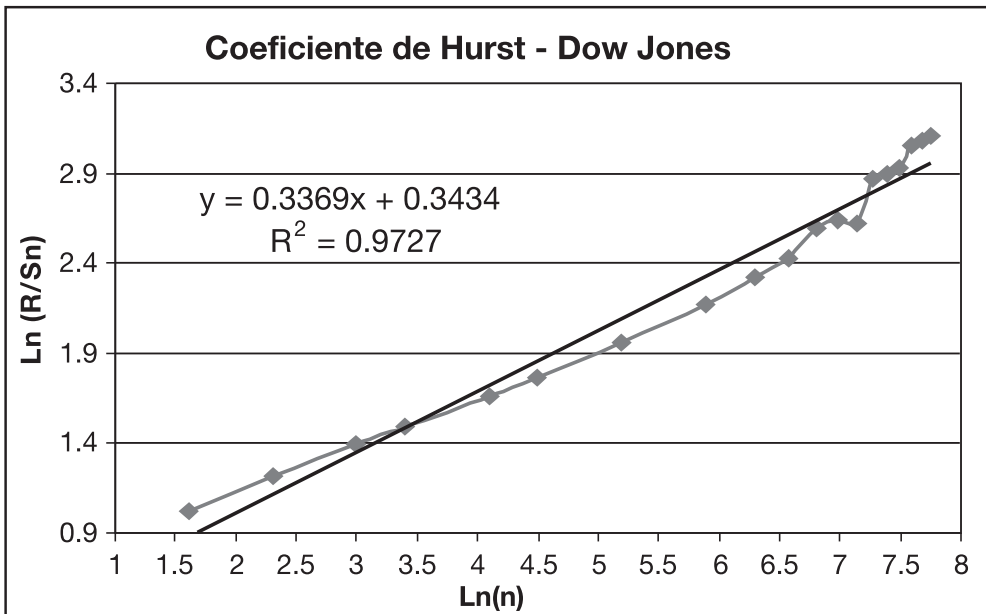
Una vez analizada toda la serie se obtienen  $k$  observaciones y entonces se calcula el promedio de todos los coeficientes encontrados. El valor de  $k$  es igual a  $N/n$

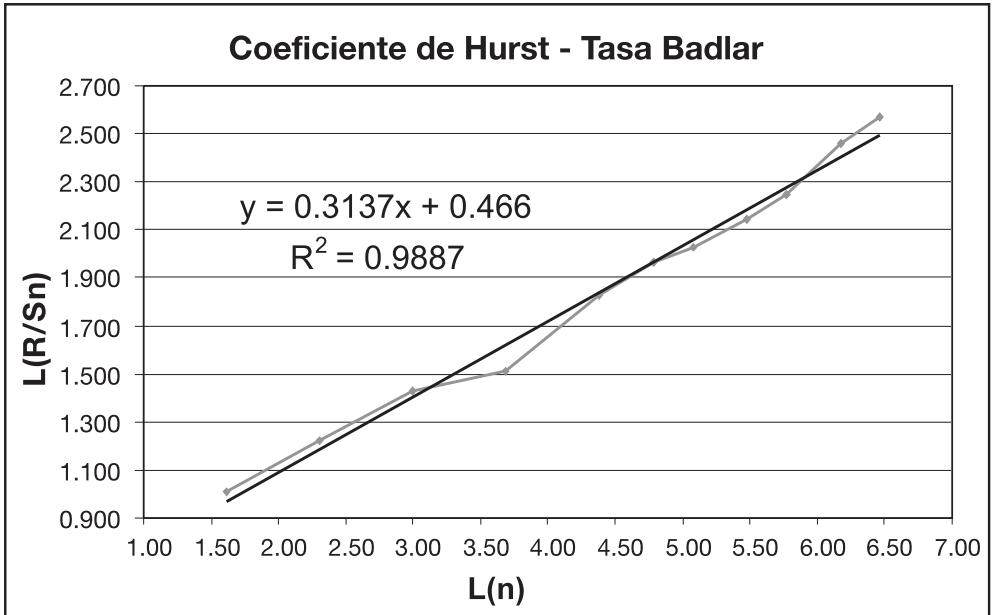
Se repite la operación para  $n$  más grande y así sucesivamente hasta que  $k$  sea igual a 2. Entonces tendremos para cada  $\overline{R/S_n}$  promedio un valor de  $n$  procediendo a realizar la siguiente regresión lineal

$$Ln(\overline{R/S_n}) = Ln(c) + H Ln(n)$$

Donde  $H$  es el coeficiente de Hurst o la pendiente de la recta de regresión. Si el valor de  $H$  fuese 0.50 podríamos confirmar las hipótesis clásicas en cuanto a que la serie es aleatoria, en cambio si este es mayor a 0.50 estamos en presencia de una serie persistente con relación entre los datos observados, mientras que si es menor a 0.50 estamos en una serie anti persistente que indica que hay una relación pero con cambios de sentido en períodos mas pequeños. Nos está indicando que el mercado cambia de humor con bastante asiduidad.

Veamos qué pasó con las series analizadas en los gráficos siguientes:





Una de las conclusiones más interesantes, además de determinar los rápidos cambios de humor en el mercado, es analizar cuando las observaciones reales se separan de la línea de regresión indicando la presencia de ciclos significativos, en el caso de la tasa Badlar de 40 días y en el caso del Dow Jones hay ciclos largos y ciclos de 5 días que pueden ser significativos.

Existe en el mercado una tentación por usar el coeficiente de Hurst como exponente o velocidad de trepada para cambiar al 0.50 que propone por construcción del modelo la estadística tradicional. Si bien no hay ningún sustento teórico que lo justifique es mejor este exponente que usar 0.50. En la actualidad hay dos proveedores de información de mercado que ponen a disposición de los usuarios este exponente y el cálculo de la volatilidad usando la siguiente ecuación

$$\sigma_t = \sigma_{diaria} t^H$$

En la estadística tradicional también hay modelos que usan los que hacen análisis técnico y que corresponden a la determinación de los ciclos aplicando la Transformada de Fourier (FFT) para determinar la amplitud de los ciclos.

La técnica rompe la serie de datos en un espectro de varias frecuencias. Si la serie original contiene ciclos genuinos, entonces la combinación de ciclos puede llevarnos a una aproximación del valor de las series.

El análisis espectral es el análisis probabilístico de Fourier. Toma las series de tiempo como una señal y asume que es generada por un proceso estocástico y se descompone en sus naturales componentes de frecuencias. Como la frecuencia es una variable independiente, el impacto de cada ciclo puede estar determinado en cada componente de la frecuencia de

la serie de tiempo. Entonces el período, o el largo del ciclo, equivale a la recíproca de la frecuencia, y los resultados están dados por ciclos en el dominio del tiempo que se puede medir en horas, días, meses o cualquier medida de tiempo.-

La intensidad está dada por:

$$I(w_k) = \frac{n}{2} (A_k^2 + B_k^2) \quad \text{para } k = 1, 2, 3, \dots, n/2$$

donde:  $w_k = (2\pi k) / n$

$$A_k = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n y_t \cos(w_k t)$$

$$B_k = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n y_t \text{sen}(w_k t)$$

La frecuencia del ciclo  $F_k = k/n$  y el ciclo está dado por:  $C_k = 1/F_k$ , en consecuencia para la serie de datos de N períodos en este caso  $n = N/2$

La frecuencia como máximo tomará el valor de 0.5, lo que permitirá calcular que el ciclo más pequeño para detectar será el de 2 períodos. Se sugiere que este tipo de análisis se haga para series con cantidades pares de datos.

La predicción de la serie es:

$$Y_t = \bar{Y} + \sum_k [A_k \cos(w_k t) + B_k \text{sen}(w_k t)]$$

Test sobre las propiedades del períodograma

A los efectos de probar la existencia de una componente periódica cuya frecuencia no se conoce para el siguiente modelo:  $y_t = A \cos(wt) + B \sin(wt) + \varepsilon_t$  donde  $\{\varepsilon_t\}$  es un ruido blanco NIID, pero la frecuencia de  $w$  es desconocida. Por ello usamos el períodograma, dado que el mismo sirve para detectar las periodicidades, seleccionando la frecuencia más alta o de mayor intensidad, máx.  $\{I_{wk}\}$ , y se testea si está ordenada es considerada como la máxima. Bajo las condiciones de probar como hipótesis nula que la intensidad encontrada es la máxima, y considerando que las ordenadas del períodograma siguen una distribución Chi cuadrado con dos grados de libertad, Fischer derivó en 1929 el siguiente estadístico:

$$T = \frac{I^{\max}(w_{\max})}{\sum_{k=1}^{n/2} I(w_k)}$$

Estableciéndose que el valor crítico para aceptar la hipótesis nula es  $P(T > g_\alpha) = \alpha$ . Si los valores de  $T$  son mayores que los valores de  $g_\alpha$  se acepta que la serie tiene una componente periódica de frecuencia  $w$ . El test puede completarse para los períodos 2, 3 en adelante calculando los valores de  $T$  para el 2do máximo, 3er máximo, etc., de la siguiente forma:

$$T = \frac{I^{2do\ max}(w_{2do\ max})}{\sum_{k=1}^{n/2} I(w_k) - I(\max)}$$

En ambos casos los valores son superiores al valor de  $g$ , que se calcula de la siguiente manera:  $n(1 - g)^{n-1} = 0.05$  siendo 0.05 el valor de la probabilidad de rechazar la hipótesis nula. Quiere decir que si los valores de  $T$  son mayores a  $g$  rechazamos la hipótesis nula, en consecuencia los ciclos encontrados son significativos.

El otro test aplicable es para determinar si los valores de los parámetros  $A_k$  y  $B_k$  no son nulos determinados como hipótesis nula. En este caso el contraste se hace contra una distribución F de Snedecor según la cantidad de intensidades encontradas.

Si se desea probar que hay un solo ciclo significativo, el test a probar es el siguiente:

$$F_{2,(n-3)} = \frac{(n-3)(A_k^2 + B_k^2)}{2 \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{n/2} (A_j^2 + B_j^2)}$$

En el caso de que se detecten más de una intensidad, o sea que la serie estará compuesta por más de un ciclo significativo, la existencia de múltiples ciclos estará dada por:

$$F_{2m,(n-2m-1)} = \frac{(n-2m-1) \sum_k^m (A_k^2 + B_k^2)}{2m \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{n/2} (A_j^2 + B_j^2)}$$

Entonces a partir de la detección de los ciclos se puede llegar a anticipar en qué estado están las futuras transacciones del mercado o qué dirección tendrá el mismo. Los ciclos no hay que detectarlos todos los días. Una vez que se han tomado una cantidad de datos se puede utilizar cualquier software y detectar los ciclos, en función de lo expuesto aquí.

Analizada la serie de la tasa de Interés Badlar, se comprueba la existencia de un ciclo significativo de 39 días y otro ciclo de 80 días tal como lo sugiere el coeficiente Hurst.

## Es la heterocedasticidad estúpido

En cuanto al cálculo de la volatilidad para  $t$  días, la aplicación de los modelos heterocedásticos viene a cumplimentar con una correcta aplicación del cálculo de la volatilidad futura. Al respecto hay una extensa bibliografía que se detalla al final de este artículo y hay una de las empresas proveedoras de información para analistas financieros que publica el cálculo de la volatilidad futura proponiendo el uso de modelos GARCH (1,1)

Risk Metrics es otro de los modelos para el cálculo de la volatilidad que ha tenido un buen éxito en los años 90 y que aún es aplicado por algunas empresas y organismos oficiales. Es una simplificación del modelo GARCH (1,1) pero hoy no está tan acertado como en el siglo pasado.

Para la consideración de este modelo GARCH (1,1) solo basta demostrar que la volatilidad no es un suceso al azar y que hay correlación entre la volatilidad de hoy con la de días pasados. Como decíamos: saber que hay presencia de heterocedasticidad hace que los periodistas se asombren del comportamiento de la misma.

El modelo Garch (1,1) Generalized Auto Regressive Conditioned Heterocedastic, para su sigla en inglés, es un modelo para el cálculo de la volatilidad condicionada cuya fórmula es la siguiente:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

Donde  $\sigma_t^2$  es el cuadrado de la volatilidad calculada para el momento  $t$

$\varepsilon_{t-1}^2$  es el cuadrado del error en la estimación del retorno esperado para el período  $t-1$

$\sigma_{t-1}^2$  es el cuadrado de la volatilidad estimada para el período  $t-1$

$\omega$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  son los coeficientes de la ecuación

Es cierto que por cada activo hay que calcular tres coeficientes, y si aceptamos Risk metrics con  $\lambda = 0.94$  este modelo tiende a un modelo Garch (1,1) con  $w$  igual a cero,  $\alpha$  igual a 0.06 y  $\beta$  igual a 0.94

Explicar el uso de este modelo es mucho más sencillo para un operador de activos financieros que para un profesional de riesgos. En definitiva, si analizamos los componentes de la fórmula, nos encontramos con que en ella se resume lo que hace el operador de activos financieros: Un poco de cuanto me equivoque hoy ( $\varepsilon_{t-1}^2$ ) más un poco de lo que estimé para hoy ( $\sigma_{t-1}^2$ ) es lo que puede pasar mañana. Claro que el modelo determina los valores de la mezcla en forma más científica.



Lo que sucede es que a partir de este siglo el comportamiento de los mercados se volvió más complejo y más heterocedástico. Entonces recordemos el significado de esta palabrita: pasamos de períodos de cierta tranquilidad a períodos de grandes cambios, o sea  $H < 0.50$  (coeficiente de Hurst).

¿Cuál es la ventaja del cálculo de los modelos Garch (1,1)? La más importante es que se puede predecir el comportamiento de la volatilidad a partir de los valores de  $\alpha$  y  $\beta$  que representan las raíces de la ecuación y el cociente  $1/\{1-(\alpha + \beta)\}$  indica en cuántos días un fuerte impacto en la serie desaparecerá hasta convertirse en una volatilidad tradicional. En los gráficos siguientes se puede apreciar cómo usando este modelo se puede llegar a una buena predicción en los próximos 30 días.

El cálculo de la volatilidad para  $t$  días, a partir del momento 1, es muy útil para modificar la fórmula de Black and Scholes, dado que los retornos de los activos no son independientes y en consecuencia no se puede usar la regla de  $t^{1/2}$ . Para hacer este cálculo se puede usar la siguiente fórmula derivada del modelo Garch (1,1):

$$\sigma_{1,t}^2 = \frac{\omega}{1-(\alpha + \beta)} \left\{ (t-1) - \left[ (\alpha + \beta) \frac{1-(\alpha + \beta)^{t-1}}{1-(\alpha + \beta)} \right] \right\} + \frac{1-(\alpha + \beta)^t}{1-(\alpha + \beta)} \sigma_1^2$$

### La renta fija y el riesgo de crédito ó la probabilidad de default

Hasta aquí analizamos el comportamiento de las series cronológicas o las variaciones de los precios de los activos financieros y las tasas de interés relacionados con el tiempo. Ahora vamos a analizar cómo estimar los riesgos en las inversiones de renta fija.

Mientras en la renta variable el comprador de un activo financiero está sujeto al riesgo de mercado (variación del precio del mismo) en el caso de la renta fija (compra de una hipoteca, prenda registrable, obligación negociable, etc.) el poseedor de la misma está sujeto a dos riesgos, el riesgo de mercado y el riesgo de default.

El riesgo de mercado o variación del precio de la renta fija, o el valor actual del flujo de fondos adquirido, depende el valor que tome la tasa de interés. El riesgo de default o la probabilidad de que el deudor no honre sus obligaciones está atado a su capacidad de pago o solvencia financiera.

Para ejemplificar lo expresado podemos decir entonces que el precio de una renta fija es el siguiente:

$$P = \sum_{t=1}^n \frac{FF_t}{(1+i)^t}$$

Donde  $P$  es el precio pagado por ese flujo de fondos

$FF_t$  es el flujo de fondos adquirido

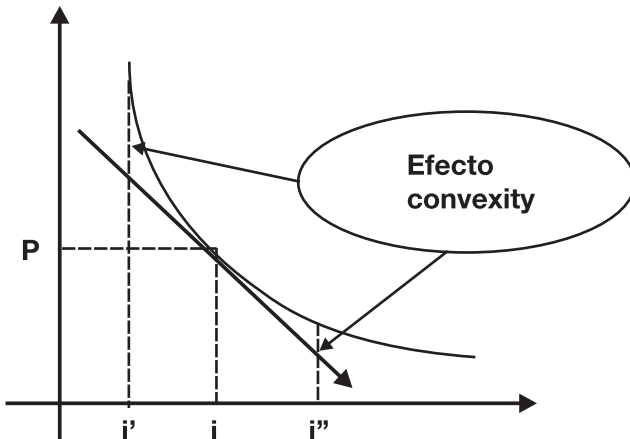
$i$  es la tasa de interés aplicada a ese flujo de fondos y que depende de varios factores como pueden ser: la calidad del deudor, la moneda en la que se expresa el flujo de fondos, la tasa de interés del mercado, etc.

$n$  representa la cantidad de períodos que componen la obligación

La elección de la tasa  $i$  y su variación hacen al riesgo de mercado explicado mas arriba. Una forma muy práctica de analizar el riesgo que se asume en esta renta fija es determinar la duration y convexity del flujo de fondos. Estas dos medidas permiten determinar como variará el precio de la renta fija ante un cambio en la tasa de interés.

La duration mide la variación del precio ante el movimiento de la tasa de interés, según se lo puede apreciar en la figura siguiente. Si analizamos la misma vemos que la duration es la tangente a la función del precio expresada mas arriba, o sea la derivada primera de la misma. El cálculo es el que sigue:

$$\frac{\partial P}{\partial i} \frac{1}{P} = \frac{1}{(1+i)} \frac{\sum_{t=1}^n \frac{tFF_t}{(1+i)^t}}{P}$$



Como se puede apreciar en la figura anterior, cuando las variaciones de la tasa son grandes se comete un error por defecto dado por la incidencia de la convexidad. Debemos recordar que la derivada primera calcula las variaciones en el pequeño entorno de la función.

La convexity es la derivada segunda de la misma función del precio:

$$convexidad = \frac{d^2 P}{di^2} \frac{1}{P}$$

$$\frac{dP}{P} = \frac{1}{2} \frac{d^2 P}{di^2} di^2$$

$$\frac{d^2 P}{di^2} = \sum_{t=1}^n \frac{t(t+1)FF_t}{(1+i)^{t+2}}$$

Entonces la variación porcentual del precio se puede calcular de la siguiente forma:

$$\Delta\%(P) = -MD di + 0.5 \text{ Convexity } di^2$$

Donde  $\Delta\%(P)$  es la variación porcentual del precio de la renta fija

-MD es la duration estimada

$di$  es la variación de la tasa de interés

Convexity es el cálculo del efecto convexidad

Para el cálculo de  $di$  (variación de la tasa de interés) debemos usar los modelos para renta variable antes explicados. El mercado sigue usando para este tipo de cálculo los modelos clásicos con el agravante de descartar a la convexity, cuando hoy vemos variaciones de tasas que exceden al pequeño entorno que permite el uso de la fórmula

Como derivado de este cálculo muchos usan el modelo DV01, que es calcular la variación porcentual del precio descartando la convexity y dándole a  $di$  el valor de 0.01 o sea estimar la pérdida en el precio de los activos de renta fija si la tasa aumenta 100 bp o un 1%.

Resumiendo: alta duration es igual a alto riesgo por el cambio de la tasa de interés, mitigado un poco por el efecto de la convexity.

El otro riesgo es el riesgo de default, o la probabilidad que el deudor no honre las obligaciones. Aquí el mercado está optando por dos caminos. El primero es si el deudor tiene alguna calificación de riesgo, en tal caso utiliza lo que se conoce como matrices de transición

Estas matrices de transición calculan la probabilidad de default de un deudor según la calificación que el mismo tiene. Veamos un ejemplo según la tabla que sigue:

**Tabla de matriz de transición a un año de plazo**

Calificación Inicial	Calificación al fin de año (% de probabilidad de cambio)							
	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	Def.
AAA	90.81	8.33	0.68	0.06	0.12	0	0	0
AA	0.70	90.65	7.79	0.64	0.06	0.14	0.02	0
A	0.09	2.27	91.05	5.52	0.74	0.26	0.01	0.06
BBB	0.02	0.33	5.95	86.93	5.30	1.17	0.12	0.18
BB	0.03	0.14	0.67	7.73	80.53	8.84	1.00	1.06
B	0	0.11	0.24	0.43	6.48	83.46	4.07	5.20
CCC	0	0	0.22	1.30	2.38	11.24	64.86	19.79

Consultada la tabla podemos apreciar que un deudor calificado como BBB tiene una probabilidad de default del 0.18% en un año y un AAA o AA tiene una probabilidad de

default nula. Entonces las calificaciones a Argentina junio de 2001, Grecia 2010 y Madoff 2008 no fueron correctas.

Es evidente después de analizar el cóctel de bebidas y bailes de los distintos efectos, tequila, caipiriña, tango, vodka, ouzo (bebida tradicional griega) o Zorba, las calificadoras de riesgo van siempre detrás de los hechos

Es importante entonces preveer el default mediante el exceso de tasa o sobre beneficio. Evidentemente cuanto más alta es la tasa mayor son los riesgos que se están asumiendo y para ello entonces podemos recurrir a este simple cálculo de riesgo:

$$P = \frac{100}{(1+i^*)} = \left[ \frac{100}{(1+i)} \right] (1-\pi) + \left[ \frac{f \cdot 100}{(1+i)} \right] \pi$$

$$\frac{(1+i)}{(1+i^*)} = 1 - \pi + f\pi$$

$$1 - \frac{(1+i)}{(1+i^*)} = \pi - f\pi$$

$$\pi = \frac{(i^* - i)}{(1+i^*)(1-f)}$$

Donde:

$p$  es la probabilidad de default

$f$  es la tasa de recupero en caso de default

$i$  es la tasa de interés libre de riesgo TLR (fly to quality)

$i^*$  es la tasa de interés aplicada a la operación o TIR

$P$  es el precio de mercado

$VN$  es el Valor Nominal o flujo de fondos o Precio del mismo

Hoy las entidades financieras siguen las calificaciones de riesgo y cuando las crisis explotan aparecen las calificadoras bajando la nota se sus clientes. Aquí cabe una reflexión: ¿por qué aún no hay una calificadora de riesgos enjuiciada por sus equivocaciones? Porque es muy fácil decir “Yo invierto en cierto activo porque hay una calificación por detrás que me garantiza cierta solvencia”. Ahora bien, cuando la diferencia entre la tasa del “fly to quality” y lo que me están ofreciendo es muy grande, la codicia no permite justipreciar si la calificación está bien o no. Para muestra pregunten a los que colocaron deuda con Madoff: ¿su calificación y la diferencia de tasas eran acordes?

Con esto tenemos un panorama muy completo de cómo se deben calcular los riesgos de las inversiones y cómo se están calculando en realidad, dejando una honda preocupación porque a esta falta de una buena aproximación se le suma el otro problema que se plantea: qué hacer con el cálculo.

## De hacer reservas no hablemos

Si se hiciese un cálculo bien estimado de los riesgos de las inversiones, y ese cálculo mereciese el respeto de los administradores de portafolio y de los operadores del mercado, se aceptarían los límites de los montos operados con cierto nivel de riesgo. En consecuencia, este sería un gran avance porque permitiría controlar los procesos de crecimiento económico para que no degeneren en burbujas incontrolables alimentadas por la codicia y la corrupción.

Este proceso debe ser acompañado por un adecuado nivel de reservas para hacer frente a las posibles crisis. Si se estima que se puede presentar una máxima pérdida posible por las inversiones realizadas con una probabilidad del 99%, hay un 1% de probabilidad de que la pérdida fuese mayor aún. En este caso hay que sacar de los fondos disponibles el importe que representa esa máxima pérdida posible e invertirla en activos sin riesgo o, lo que es lo mismo, con ese nivel de reserva hacer un fly to quality

Cuando digo “de hacer reservas no hablemos”, es cumplir con las normas de Basilea II en lo referente a que los fondos propios deben de ser superiores al 8% de los activos de riesgo considerando a todos los riesgos, de mercado, de crédito, operacional y cambiario. Para llegar a tener ese volumen de fondos propios es que hay que realizar reservas líquidas a los efectos de que estén disponibles para atender a las contingencias de default.

El riesgo de crédito está calculado por medio de tres coeficientes fundamentales:

PD o probabilidad de default (a través de las calificadoras de riesgo)

LGD o pérdida en el momento de incumplimiento, o sea ya se consumó el hecho

EAD o exposición en el momento del incumplimiento

A partir de estos datos muchas empresas gestionaban un método de la pérdida esperada o  $EL = PD * LGD * EAD$ , donde PD estaba calculado por las calificadoras de riesgo y sus matrices de transición, cuyos cálculos ya hemos objetado.

Hay un nuevo cálculo que se fija en un cuantil elevado de la pérdida esperada basada en la distribución normal, distribución sobre la que ya hemos hecho las consideraciones del caso.

Claro que hacer esto como corresponde, o sea anticipándose a los hechos, impide obtener mayores beneficios para el portafolio, evita presentar mejores resultados, no permite una mejor distribución de dividendos. Pero estaríamos cubriendo los riesgos si la burbuja estalla.

Hacer un análisis minucioso de las inversiones de renta fija y olvidarse de las calificadoras de riesgo, las matrices de transición y la distribución normal de probabilidades permitiría tener un panorama más claro de los riesgos asumidos. Lo mismo ocurre cuando se hacen carteras de préstamos masivos: en este caso es interesante conocer cuáles son los sectores de la actividad económica a los que se dirigen los créditos para conocer el estado de su nivel de negocios.

Podríamos imaginar a las Compañías de Seguros sin hacer reservas por los bienes que aseguran. Esto sería un gran disparate pero les aseguro que si no existiesen reglas por parte de los organismos de control que exijan la formación de esas reservas, las mismas no se harían.

En resumen, hace falta una gran renovación en la mentalidad de los administradores de portafolio que les permitan superar la codicia, la corrupción, el ego y la soberbia, sabiendo que serán moralmente y patrimonialmente responsables de sus actos al frente de su posición en la empresa.

## **Bibliografía**

Bollerslev T., 1986, Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity, *Journal of Econometrics* 31, 307-327

Campbell J. Lo Andrew y Mackinlay A., 1997, The econometrics of financial markets, *Princeton University Press*

Engle, Robert F., 1982 Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation, *Econometrica* 50, 987-1007

Engle, R., y T. Bollerslev, 1986, Modeling persistence of conditional variances, *Econometric Review* 5, 1-50

Engle, R., y Victor K. Ng, , 1993, Measuring and testing the impact of News an Volatility, *The Journal of Finance* Vol XLVIII, Nro. 5

Glosten, Lawrence, Ravi Jaganathan, and David Runkle, 1993, On the relationship between then expected value of the volatility of the nominal excess return on stocks, *The Journal of Finance* Vol XLVIII, Nro. 5

Greene, William H., 1997, *Econometric Analysis*, Prentice Hall, New Jersey

Duan Jin-Chuan, 1995, The Garch option pricing model, *Mathematical Finance* Vol V Nro.1

Elton Edwin y Grubber Martin, 1995, *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*, John Wiley & Sons, Inc. New York

Enders Walter, 1995, *Applied Econometric Time Series*, John Wiley & Sons, Inc. New York

Fabozzi Frank, 1993, *Bond Markets, analysis and strategies*, Prentice Hall, New Jersey

Hull John C. *Options*, 1997, *Futures and other derivatives*, John Wiley & Sons, Inc. New York

J.P. Morgan, 1994 Riskmetrics, Technical document Nro 4 *Reuters*

Jorion, Phillippe, 2000, *Value at Risk*, Mac-Graw-Hill, New York

Landro Alberto, González Mirta, 1997, El problema de la predicción en el mercado financiero, *Impresos Centro*, Buenos Aires

Nelson, D., 1990, Conditional heteroscedasticity in asset returns: A new approach, *Econometrica* 59, 347-370

Peters Edgar, 1994, *Fractal Market Analysis*, John Wiley & Sons, Inc. New York

Steinbrun Tagliafichi 1995, Los ciclos aplicados al Mercado de capitales, II Congreso de Actuarios, Buenos Aires

Tagliafichi Ricardo A., 2001, The Garch model and their application to the VaR, *XXXI International Astin Colloquium*, Washington 2001

Tagliafichi Ricardo A. 2002, Betas calculated with Garch models provides new parameters for a Portfolio selection with Efficient Frontier, *ICA Cancun 2002*

Tagliafichi Ricardo A. 2003, The estimation of Market VaR using Garch models and a heavy tail distributions, *Astin Maastricht 2003*

Tagliafichi Ricardo A. 2006, The implied volatility announced the behaviour of the market risk, *International congress od actuaries Paris 2006*

Tsay Ruey, 2002, Análisis of financial time series, *John Wiley & Sons, Inc.* New York

Van Horne James C, 1990, Financial Markets Rates and Flows, *Prentice Hall*, New Jersey

Wiggins, J.B., 1987, Option Values under stochastic volatility: Theory and empirical tests. *Journal of Financial Economics* 19, 351-372

Zakoian Jean-Michel, 1992, Threshold Heteroskedastic models, *Journal of Economic Dynamics and Control* Nro 18

