

Antifragilidad de eventos Black Swan en los mercados mexicanos

Guillermo Sierra Juárez*

Recibido: diciembre, 2023/Aceptado: marzo, 2024

Resumen

De acuerdo a la revisión de la literatura sobre los eventos Black Swan no existe alguna definición axiomática completa, ni un pronóstico para la detección de los mismos. El razonamiento es “No es posible predecir lo inesperado”. Los conceptos de fragilidad- antifragilidad pretenden presentar un puente para el entendimiento y detección con los eventos Black Swan. Sin embargo, ya en la práctica para una selección de variables de mercado y estructurales en el la economía mexicana en un periodo de veinte años, se encuentran eventos considerados como extremos o black swan y por otra parte se puede estimar el concepto de fragilidad antifragilidad, sin embargo, no hay evidencia de relación causal entre ambos.

Palabras clave: Black Swan, antifragilidad, mercados financieros.

Clasificación JEL: G10, G17.

* Profesor-investigador en la Universidad de Guadalajara, Departamento de Métodos Cuantitativos, CUCEA, <gsierraj@ucea.udg.mx>.

Black Swan event antifragility in mexican markets

Abstract

According to the review of the literature on Black Swan events, there is no complete axiomatic definition, nor a forecast for their detection. The reasoning “It is not possible to predict the unexpected.” The concepts of fragility-antifragility aim to present a bridge for understanding and detection with the Black Swan events. However, in practice for a selection of market and structural variables in the Mexican economy in a period of twenty years, there are events considered extreme or black swan and on the other hand the concept of antifragility fragility can be estimated without. However, there is no evidence of a causal relationship between the two.

Keywords: Black Swan, antifragility, financial markets.

JEL classification: G10, G17.

1. Introducción

La antifragilidad es un concepto relativamente novedoso, en Taleb (2013) lo trata como un tema opuesto a fragilidad¹ y aclara que esta idea de fragilidad, antifragilidad, así como robustez y resiliencia son conceptos muy diferentes. El término fragilidad involucra perdida y penalización del desorden cuando los ponemos bajo estrés, por otro lado, la robustez es que tanto puede seguir funcionando un sistema bajo estrés y la resiliencia involucra adaptarse al estrés y lograr permanecer igual y finalmente antifragilidad involucra ganancias y beneficios del desorden, por cierto muchas cosas en la vida son antifrágil como el cuerpo humano, cuando se estresa en el nivel correcto, un musculo o hueso se hará más fuertes.

Se acostumbre expresar que algo es frágil cuando se rompe o daña fácilmente o cuando tiene una respuesta negativa ante un estresor o desorden. Mientras tanto, algo que es robusto cuando es fuerte y durable (o neutral)

¹ Intuitivamente se menciona un ejemplo: algo que es fragil es como una copa de vino se rompe facilmente cuando se cae al suelo, pero un objeto antifragil se beneficiaria de un estrés de esta clase, entonces en lugar de la leyenda en una caja para las copas de vino “maneje con cuidado” para objetos antifragiles apareceria la leyenda “haga un mal manejo” para que el sistema se vuera beneficiado.

ante un estresor o desordenador. Antifragilidad, por otro lado, se beneficia del estresor o del desorden, es decir, tiene una respuesta positiva. En palabras del mismo Taleb (2013), antifragilidad se define como una respuesta convexa a un estresor o fuente de daño conduciendo a una sensibilidad negativa ante el incremento del desorden y por el otro lado la fragilidad se define como una sensibilidad cóncava a los estresores conduciendo a una sensibilidad negativa ante el incremento del desorden. Por otra parte, un estresor puede ser cualquiera de las siguientes conceptos: error, variabilidad, caos, volatilidad, entropía, aleatoriedad, desorden, conocimiento incompleto entre otros.

Desde el punto de vista de Castro (2023), los eventos Black Swan se han convertido en los eventos más importantes de la historia reciente de la humanidad. Recordando que el origen del concepto esta basado en la presunción que todos los cisnes eran blancos durante varios siglos hasta que un explorador descubrió un cisne negro, por lo tanto se establecía en un inicio a un cisne negro o Black Swan como algo que era imposible o no existente.

Introducido inicialmente por Taleb (2007) la teoría de Black Swan muestra la posibilidad de esperar lo imposible y se pueden identificar tres principales características en los eventos Black Swan:

1. Después de la ocurrencia del evento, las explicaciones formuladas lo hacen predecible o esperable,
2. El evento tiene impacto extremo,
3. El evento es inesperado o no probable.

Sin embargo, actualmente estamos prácticamente ciegos ante la existencia de los Black Swan para entenderlos.

En tiempos recientes, los Black Swans han ocurrido en diferentes actividades y en diferentes niveles de intensidades (o colores de swans). Como por ejemplo: las guerras mundiales, el black monday, y las pandemia del "covid-19", entre otros.

Otro tipo de eventos Swans por ejemplo son los grey swans que si son predecibles, con impacto en cascadas y errores debidos a factores humanos principalmente. Y por último, los eventos white swans presentan certeza, impacto estimado y errores debidos a factores humanos y causalidad.

El presente trabajo pretende tratar de detectar en ciertas variables de mercado o de la economía mexicana en un cierto periodo de tiempo los puntos donde podría pensarse un comportamiento de Black Swan y ver si puede existir alguna relación con los procedimientos de antifragilidad. La sección

2 es una revisión de la literatura de temas de antifragilidad y black swan, la sección 3 son los antecedentes y la sección 4 el modelo planteado. Finalmente se presentan los resultados y conclusiones en las secciones 5 y 6 respectivamente.

2. Revisión de la literatura

Sobre el tema Black Swan, así como el de fragilidad y antifragilidad existen una amplia literatura, no así en sus posibles metodologías empleadas. A continuación se presenta una breve revisión de los más trabajos más importantes sobre el tema.

Desde el punto de vista de los fundamentos de la probabilidad y estadística, un evento Black Swan al ser completamente inesperado afecta la misma construcción de la probabilidad. En Chichilnisky (2010) se extiende los fundamentos de probabilidad a casos de eventos raros que son potencialmente catastróficos como los Black Swans (tales como desastres naturales, crashes de mercados, cambios catastróficos del clima y extinción de especies entre muchos otros). Tales eventos son generalmente considerados “outliers” y el trabajo propone un nuevo planteamiento axiomático de probabilidad que requiere igual tratamiento de eventos raros y frecuentes y caracterizando las probabilidades subjetivas que son distribuciones estándar cuando la muestra no presenta Black Swan. La parte aditiva asigna más peso para eventos raros que a una distribución estándar y que en ese sentido explica la observación persistente de ley de potencias y colas pesadas que eluden las teorías clásicas.

Otros trabajos previos relacionados con el tema son Chichilnisky (2000) surge una aproximación axiomática para la probabilidad subjetiva que es insesgada en contra de eventos raros y frecuentes consta de los siguientes enunciados principales:

1. Las probabilidades subjetivas son continuas y aditivas,
2. Las probabilidades subjetivas son insesgadas en encontrar eventos raros,
3. Las probabilidades subjetivas son insesgadas en encontrar eventos frecuentes.

El artículo muestra la conexión entre los axiomas anteriores y el axioma de elección de fundamentos en la parte matemática se define un nuevo tipo

de probabilidad que coincide con distribuciones estándar cuando la muestra es popular solo para eventos frecuentes relativos. Sin embargo, generalmente hay una mezcla de medidas contables y finitas. Asignando más peso a Black Swan que a distribuciones normales y prediciendo de forma más realista la incidencia de outliers, leyes de potencia y colas pesadas.

En Pineda (2019) se define la antifragilidad como una propiedad que mejora la capacidad de un sistema como respuesta a perturbaciones externas (como se mencionó en la sección anterior). A pesar que se ha ocupado en varias áreas, una medida práctica de antifragilidad estándar no ha sido todavía desarrollada. El artículo propone una medida simple de antifragilidad basada en satisfacción antes y después de aplicar perturbaciones y se aplica una red booleana aleatoria (Random Boolean Networks RBNs) y usando la medida se encuentra una RBN ordenada son más frágiles. El trabajo muestra que sistemas biológicos son antifragiles, además que sus resultados muestran varias aplicaciones de Boolean networks (BN) incluyendo la creación de sistemas de ingeniería además de sistemas biológicos antifragiles y desarrollando nuevas estrategias de tratamiento para varias enfermedades.

En el artículo de Cardoso (2021) se presenta una formulación del principio de mínima acción estocástico para acoplar los movimientos aleatorios con eventos Black Swan en términos de distribuciones de colas pesadas. Los eventos Black Swans son raros y drásticos y se ha observado que la entropía Tsallis se ajusta mejor a la descripción eventos Black Swans que la entropía Shannon-Boltzmann-Gibbs los cuales intrínsecamente relaciona los hechos que los eventos BlackSwan de sistemas físicos son proporcionales a correlaciones no locales.

El trabajo de Zanette (2020) se considera una clase de procesos multiplicativos donde se agregan eventos estocásticos dando origen a distribuciones estocásticas con leyes de potencia ubicadas en estadísticas de sistemas sociales, económicos y ecológicos. Su intención es proveer una serie de resultados más exactos sobre las dinámicas y comportamientos asintóticos de versiones complejas de un proceso multiplicativo básico con reseteo incluyendo variantes discretas y continuas y varios grados de libertad en los parámetros que controlan el proceso.

En el trabajo Balabaev (2017) se extiende el método de construcción canard y se considera una construcción Black Swan para una modelo catalator de tres dimensiones usando el método de curvatura de flujo modificado. Al final se llega a una aproximación de la superficie Black Swan usando el método de flujo de curvatura.

En Korobeinikov (2020) se modela la dispersión de enfermedades infecciosas que comúnmente tienen para negociar el problema de tiempos de escala múltiples que naturalmente ocurre en tiempos de pandemia. En varios

casos el problema es implícitamente evitados con el uso de la supuestamente es llamada “constante del tamaño de población”. Sin embargo, la aplicabilidad de la suposición requiere de una justificación normalmente omitida.

En dicho trabajo se considera un fenómeno multiescala que surge en el razonable modelo SIR (susceptible, infectado, removido) con el tamaño variable de la población. Además se discuten ejemplos de cascadas canard y Black Swans.

En Taleb (2013) se muestra una definición de fragilidad y antifragilidad como una sensibilidad negativa o positiva como una medida de dispersión y volatilidad y examina la relación de efectos no lineales. Se integra un modelo de error (y sesgo) dentro de contexto frágil y antifrágil, a diferencia de riesgo el cual relaciona a nociones psicológicas como una preferencia subjetiva, se ofrece una medida que es universal y preocupaciones cualquier objeto que tiene una distribución de probabilidad (si tal distribución es conocida o desconocida).

La medición del riesgo sistémico o fragilidad de sistemas financieros según Sandhu (2015), es una tarea de gran importancia en el análisis de la eficiencia del mercado, asignación de portafolio y contención del contagio financiero. Examina los rendimientos de un conjunto de acciones de S&P 500 durante 15 años mostrando que los crashes financieros son más robustos comparado a los días normales de un comportamiento frágil de mercado.

En opinión de Devarajan (2023) la pandemia “covid-19” se considera como un evento white swan. El impacto del “covid-19” en las operaciones de salud es incierta y disruptiva. El modelo de simulación puede generar análisis predictivo y con un tasa de recuperación tasas de administración de recursos y ciclos de promedio de preparación. El estudio ayuda a profesionales de la salud a artefactos de menores resiliencias y interrupción de operaciones de salud.

El trabajo de Sengupta (2020) analiza varios eventos financieros ocurridos en la historia de finanzas y la magnitud del impacto que ha tenido en algunos países y a nivel global. La necesidad para capturar lo mismo y proveer una advertencia antes de alguna decisión que podamos inferir en los mercados financieros e inferir del pasado para malos eventos no permitirán que ocurran otra vez para buenos eventos para usar la ideología para ganar menores rendimientos o alcanzar objetivos específicos

En Manhire (2018) se describe el comportamiento de los mercados financieros como un conjunto de funciones en términos de las variables de precios y tiempo basadas en la diferencia neta entre los volúmenes de compra y venta en un periodo unitario ofreciendo evidencia para apoyar la suposición de

que eventos extremos existen. Si el evento extremo negativo simplemente se desplaza significa un completo colapso del mercado. También se introduce un método para determinar si el desplazamiento del precio está restringido por eventos no triviales. Esto podría tener implicaciones para la teoría de valores extremos y la administración de riesgos en la aproximación de los eventos *Black Swan*.

En Castro (2012) se menciona que los *Black Swans* son eventos muy importantes en la historia como los hechos del 9/11, las crisis económicas, el surgimiento del internet y también analiza los *Black Swan* en administración de riesgos y la debilidad de utilizar normales en el pronóstico de *Black Swan*. A pesar de las limitaciones usualmente se requiere una clasificación de observaciones típicas y atípicas (*Black Swan*). El trabajo apoya el argumento de no encontrar observaciones atípicas solamente en ciertos percentiles, una cantidad fija o conjunto de datos proponiendo un método de optimización alternativo.

3. Antecedentes de modelos

De acuerdo con Chichilnisky & R. Douady (2010) se puede construir una versión axiomática para probabilidades con *Black Swans* en los números real o dentro de un intervalos de tipo (a, b) . A continuación se presenta un esbozo del planteamiento

Sobre eventos que están en algebra de Boreal sobre los reales o sobre intervalos del tipo (a, b) . Se utiliza una probabilidad subjetiva también llamada probabilidad estándar que es contablemente aditiva.

Posteriormente se introduce nuevos axiomas y más definiciones: una probabilidad $W: L_\infty \rightarrow R$ es llamada sesgada contra eventos raros o insensible a eventos raros cuando dos eventos f y g .

$\exists \varepsilon = \varepsilon(f, g) > 0$ tal que $W(f) > W(g) \Leftrightarrow W(f') > W(g')$ para toda f' y $g' = g$ sobre $A \subset R$ y $\mu(A^c) < \varepsilon$ donde A^c es el complemento de A y $W: L_\infty \rightarrow R$ se dice insensible a eventos frecuentes cuando dados dos eventos f y g $\exists \varepsilon = \varepsilon(f, g) > 0$ tal que $W(f) > W(g) \Leftrightarrow W(f') > W(g')$ para toda f' y g' satisfaciendo $f' = f$ y $g' = g$ sobre $A \subset R$ y $\mu(A^c) < 1 - \varepsilon$.

W es llamado sensible a evento raro (respectivamente frecuente) cuando este no es insensible a eventos raros (respectivamente frecuente).

Los siguientes tres axiomas son idénticos a los expresados:

Axioma 1. $W: L_\infty \rightarrow R$ es lineal y continuo

Axioma 2 $W: L_\infty \rightarrow R$ es sensible a eventos frecuentes

Axioma 3 $W: L_\infty \rightarrow R$ es sensible a eventos raros

Los primeros dos están de acuerdo con la teoría clásica y el tercero es el nuevo. De lo anterior Chichilnisky (2010) propone el siguiente Teorema existencia y representación.

Existe una probabilidad subjetiva $W:L_\infty \rightarrow R$ que satisface los axiomas 1, 2 y 3. Una probabilidad satisface los axiomas 1, 2 y 3 si y solo si existen dos funciones lineales continuas en L_∞ denotadas por ϕ_1 y ϕ_2 y un número real $\lambda, 0 < \lambda < 1$ tal que para cualquier evento observable $f \in L_\infty$.

$$W(f) = \lambda \int f(x)\phi_1(x)dx + (1 - \lambda)\phi_2(f) \tag{1}$$

donde $\phi_1 \in L_1(R, \mu)$ define una medida contable en R y ϕ_2 es puramente una medida aditiva finita.

Por otro lado, en las siguientes líneas se recordara algunos conceptos e ideas básicas de una distribución normal. En una distribución normal $Z_n \sim N(\mu, \sigma)$, si una dato arbitrario x es elegido de una función, la probabilidad de que x este contenida en el límite de σ es:

$$Pr(\mu - 3\sigma < Z < \mu + 3\sigma) \approx 0.997 \tag{2}$$

si S_n la suma de n variables aleatorias independientes X_i con una misma función de distribución $E[X_i] = \mu, Var[X] = \sigma^2 < \infty$.

$$S_n = X_1 + \dots + X_n \tag{3}$$

Y del teorema de limite central

$$\lim_{n \rightarrow \infty} Pr(Z_n \leq z) = \phi(z) \tag{4}$$

$\forall z \in R$ donde $\phi(z)$ es una distribución normal estandard $N(0, 1)$ basadas en la propiedad de distribución normal y del teorema si $n \rightarrow \infty$.

$$\begin{aligned} S_n &= \sum_{i=1}^n X_i \sim N(n\mu, n\sigma^2) \\ Pr(|\bar{X} - \mu| < 3\sigma/\sqrt{n}) &\approx 0.997 \end{aligned} \tag{5}$$

Suponiendo que se satisface la normalidad, podemos concluir que en el largo plazo 99.7% de los datos estarán dentro de las bandas establecidas con una desviación estándar.

Con este modelo la posibilidad de encontrar eventos altamente catastróficos es muy abaja, esto contribuye al hecho que en algunos casos sus ocurrencia será calificada como imposible.

La mayoría de los eventos tratan de predecir las ocurrencias de eventos sociales suponiendo normalidad y como consecuencias ellas asumen que eventos futuros se concentran alrededor de tendencias generales de eventos pasados, análogamente este método de análisis excluye la posibilidad de eventos futuros *Black Swan* en la visión social.

Es imposible predecir los eventos futuros pero más difícil en un mundo gobernado por *Black Swan*. Debido a las limitaciones del conocimiento humano y de limitaciones en técnicas de pronósticos, no es posible proponer una alternativa para encontrar el tiempo y la magnitud del siguiente *Black Swan* más que construir criterios para separar nuestra bases de datos que son típicamente (esperados) y los atípicos (*Black Swan*) bajo este análisis un evento atípico es considerado un *Black Swan* dentro de una explicación retroactiva.

4. Modelo propuesto

El presente trabajo tiene principalmente como antecedente del procedimiento empleado a Alatorre (2023) en donde hace referencia sobre el contexto de los mercados financieros el concepto de ruido puede surgir como el resultado de una gran número de pequeños eventos debido a una colección de acciones de agentes económicos sobre la base diaria o por otra parte un pequeño número de eventos extremos como crashes que pueden tener graves consecuencias. El ruido causa ineficiencia en los mercados y hace difícil tomar decisiones racionales, el ruido emerge de las actividades colectivas de muchos agentes económicos, algunos de ellos sin tener información y que se conocen como traders ruidosos, sus acciones, junto con otras consideraciones internas generan pequeños *shocks*. Sin embargo, los grandes *shocks* o *shoks* agregados ocurren de eventos exógenos en los mercados tales como guerras, ataques terroristas, pandemias etcétera.

El rendimiento de los precios es una variable básica y esencialmente es la diferencia entre precios en dos periodos de tiempo que pueden ser desde segundos hasta décadas y se trata de una variable aleatoria. La distribución de probabilidad de los rendimientos de los precios por ser prácticos se modela como una normal pero una modelación más sofisticada podría ser a través de una distribución de leyes de potencias, de colas pesadas que implica la presencia de grandes fluctuaciones o eventos extremos.

El presente trabajo propone rendimiento como el cambio porcentual de precios en una determinada escala de una acción financiera y es considerada como medida de satisfacción que es utilizada junto con la definición

de antifragilidad para diferentes campos o redes. Con el objeto de medir la sensibilidad del rendimiento de un activo para una perturbación externa se introduce la definición de antifragilidad.

De acuerdo Alatorre (2023), se propone un mercado con el rendimiento de acción S y una perturbación externa P . Sea $S(x, i)$ el rendimiento de una acción x en el tiempo i y sea $P(i)$ una medida de perturbación en el sistema l , se define la antifragilidad del activo x en el tiempo l , como se muestra en la ecuación (6).

$$A(x, i) = S(x, i)P(i) \tag{6}$$

La antifragilidad global de activos x es definida como el valor medio $A(x, l)$ sobre un determinado intervalo de tiempo, donde es la media aritmética del conjunto sobre l , véase ecuación (7).

$$A(x) = \langle A(x, i) \rangle_i \tag{7}$$

La definición del concepto de fragilidad permite clasificar el sistema como antifragil, robusto y frágil dependiendo del resultado completo de los rendimientos y perturbaciones. Además en el caso de la acción es antifragil si el rendimiento de la acción es positivo en presencia de la perturbación. Por otro lado un sistema, es frágil si el rendimiento de la acción decrece en presencia de la perturbación.

Se considera al rendimiento como una medida de satisfacción y se mide y compara la antifragilidad en diferentes sistemas normalizando los rendimientos de las acciones $S(I)$ y la perturbaciones $P(I)$ de tal forma que ambas cantidades son acotadas en el intervalo $[-1,1]$ y $[0,1]$ respectivamente.

Para el rendimiento de acciones S y el nuevo rendimiento normalizado quedan, véase ecuación (8).

$$S' = \frac{S}{\max(|S|)} \tag{8}$$

Donde $|S|$ es el valor absoluto de S y $\max(|S|)$ es su valor máximo, además S' un número en donde para la perturbación P usamos la nueva perturbación normalizada P' en el intervalo $[0,1]$, como se observa en la ecuación (9).

$$P' = \frac{P - \text{Min}(P)}{\text{Max}(P) - \text{Min}(P)} \tag{9}$$

Esa normalización implica $A' = S'P'$ es un número real entre $[0,1]$.

5. Resultados

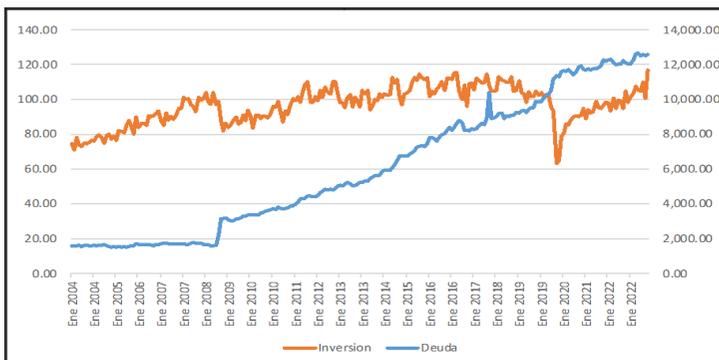
En la gráfica 1a) siguiente aparece el precio dólar en moneda nacional o tipo de cambio peso-dólar (MXN) y el índice de precios y cotizaciones (IPC) y en la gráfica 1b) se muestran dos variables estructurales de la economía de México la inversión y la deuda² en un plazo de aproximadamente 20 años. A primera vista se observan saltos en el comportamiento de las variables durante el periodo de la crisis inmobiliaria y la pandemia de “covid-19”.

Gráfica 1a
precio dólar e IPC



Fuente: elaboración propia con datos de yahoo. finance.

Gráfica 1b
Inversión y deuda México



Fuente: elaboración propia con datos de Banxico.

² Los datos de MXN e IPC se obtuvieron de yahoo.finance. La deuda de Banxico: deuda total neta del Sector Público Económico Amplio, Saldos al final del periodo. SG194 (miles de millones de pesos) y la inversión de: Índice de volumen de la inversión fija bruta, total niveles SR16525.

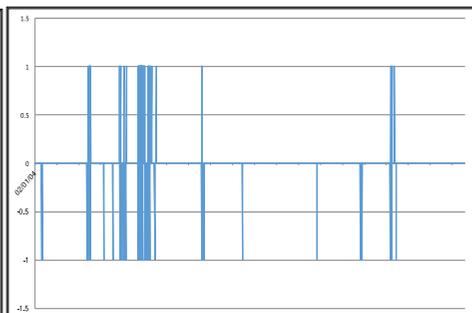
Utilizando el procedimiento de la sección 4, en las gráficas 2a), 2b), 2c) y 2d) cuando la línea vertical es positiva significa que el también el valor del rendimiento positivo pero que excede al final del día correspondiente a un cierto múltiplo de desviaciones estándar (en este caso 3 d.e.). Y en el caso de las líneas verticales negativas, cuando las pérdidas exceden las pérdidas a un cierto múltiplo del negativo de desviaciones estándar (en este caso 3 d.e.). En las variables de mercado se muestran muchos más casos que en las de economía, sin embargo existen varios días comunes de rebase. Recordemos de la sección anterior que la probabilidad de que no exceda esos valor de 3 desviaciones estándar en es 0.997 de acuerdo a una distribución normal.

Gráfica 2a
T.C. peso dólar exceso desviación estándar (3)



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2b
IPB exceso desviación estándar (3)

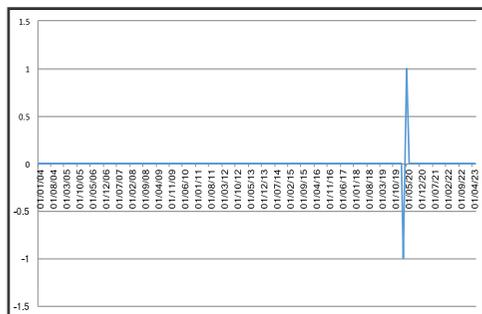


Fuente: elaboración propia.

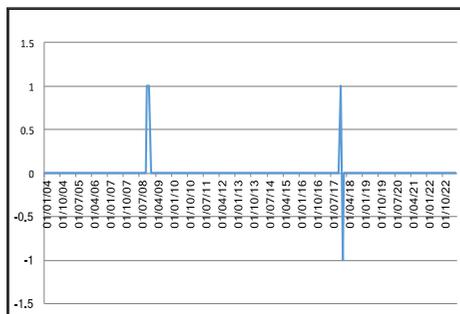
En los casos de las variables de mercado, el tipo de cambio peso-dólar y el índice de precios y cotizaciones IPC, así como de las variables estructurales, deuda e inversión. Los mayores excesos de rendimientos que rebasan 3 desviaciones estándar (tantos positivos como negativos) son los siguientes:

1. En el primer trimestre de 2009, relacionado con el periodo de la crisis inmobiliaria
2. En el tercer trimestre de 2011, relacionado con el periodo desaceleración económica
3. En el primer trimestre de 2020, relacionado con el periodo la pandemia "covid-19"

Gráfica 3a Inversión exceso desviación estándar (3) Gráfica 3b Deuda exceso desviación estándar (3)



Fuente: elaboración propia



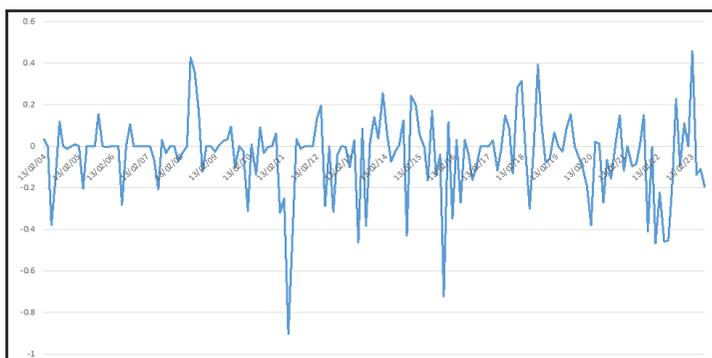
Fuente: elaboración propia

en el caso de las variables estructurales, deuda e inversión, los mayores excesos de rendimientos que rebasan 3 desviaciones estándar son los siguientes:

1. Finales de 2008 (deuda)
2. Tercer trimestre 2020 (índice de inversión)

Ahora estimaremos el modelo propuesto de estimación normalizada de fragilidad-antifragilidad de la sección 4, aplicado en un periodo de 30 días, tanto para el tipo de cambio peso-dólar, como al índice IPC, las gráficas de fragilidad, véase gráfica 4a.

Gráfica 4a
Fragilidad (IPC 30 días)

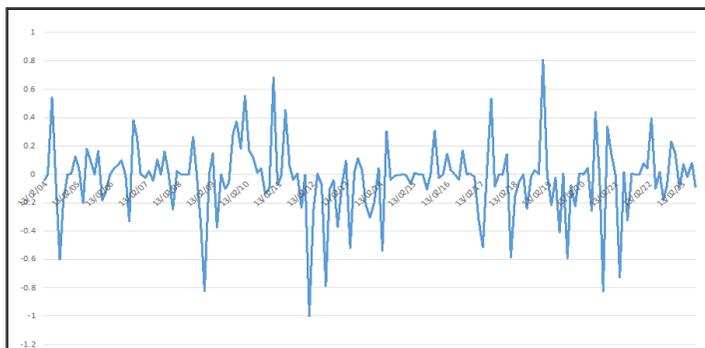


Fuente: elaboración propia.

Los valores más grandes (de mayor fragilidad y antifragilidad) en el IPC son:

1. Cercanos a-1 están en 15/04/2011, 06/11/2015 y 20/01/22
2. Cercanos a+1 están en 04/06/08, 06/06/18 y 15/02/23.

Gráfica 4b
Fragilidad (MXN 30)



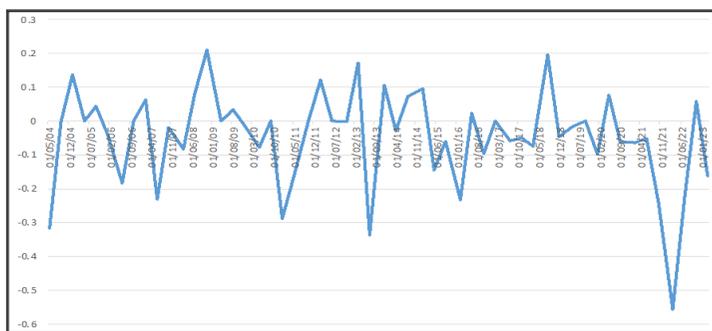
Fuente: elaboración propia.

Para el caso del tipo de cambio peso-dólar

1. Cercanos a-1 están en 21/11/08, 02/01/12, 30/09/20
2. Cercanos a+1 están en 06/12/10, 13/2/18

Si cambiamos el algoritmo de ventana móvil de 30 a 90 días del IPC

Gráfica 5a
Fragility (IPC 90 días)

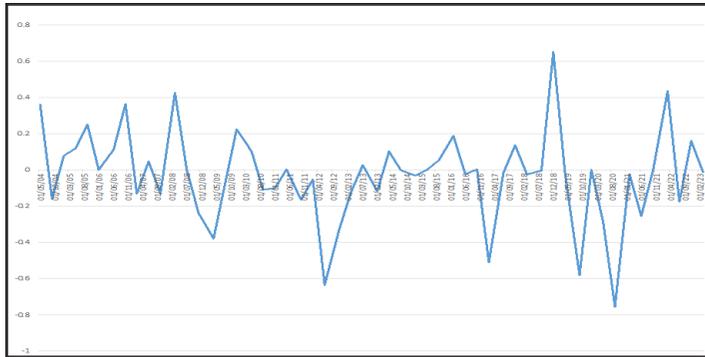


Fuente: elaboración propia.

1. Cercanos a-1 están en 04/03/22

Si cambiamos el algoritmo de ventana móvil de 30 a 90 días del tipo de cambio peso dólar

Grafica 5b
Fragilidad (MXN 90)

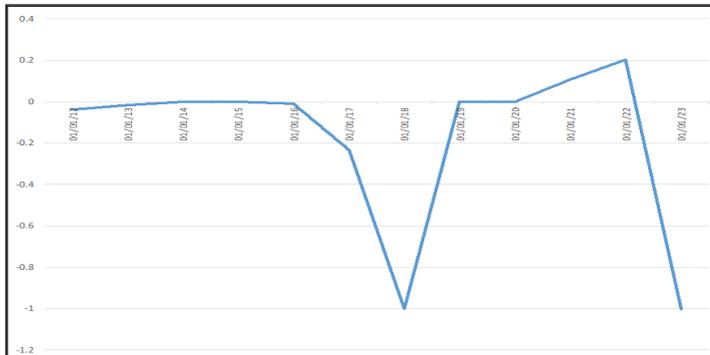


Fuente: elaboración propia.

1. Cercanos a-1 están en 26/6/12, 28/02/17, 03/09/19, 30/09/20
2. Cercanos a+1 están en 13/12/18.

En el caso de deuda en una ventana de 12 meses

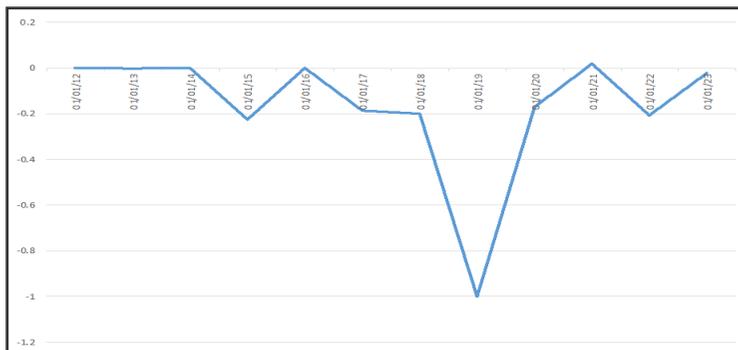
Gráfica 6a
Deuda (plazo 12)



Fuente: elaboración propia.

1. cercanos a-1 están en 01/01/18, 01/02/23.

Gráfica 6b
Inversión (plazo 12)

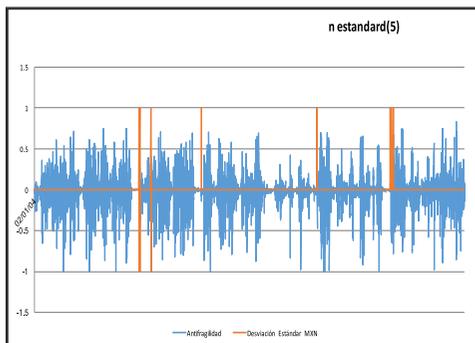


Fuente: elaboración propia.

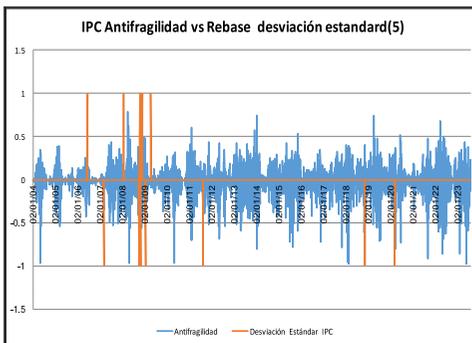
1. cercanos a-1 están en 01/01/19

Si ahora comparamos la estimación de la anti fragilidad en una ventana móvil de 30 días con el conteo de rebases de 5 desviaciones estándar, todavía con menos probabilidad de ocurrencia de casi 0.

Gráfica 7a)

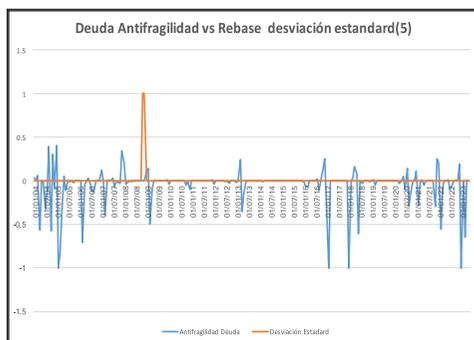


Gráfica 7b)

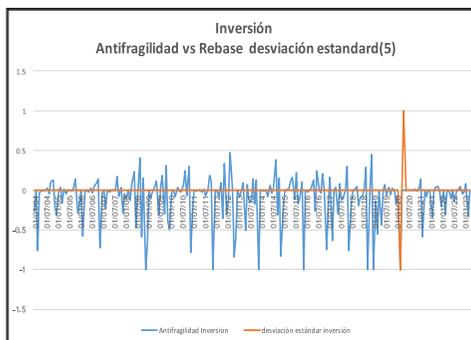


Fuente: elaboración propia con información yahoo.finance.

Gráfica 7c



Gráfica 7d



Fuente: elaboración propia con información Banxico.

Como en el caso anterior vuelven a tener fechas de coincidencias y la variable del índice IPC tiene un mayor número de rebases, las variables económicas aparentemente casi no tienen casos.

A simple vista no hay algo determinante que vincule los excesos de pérdidas o ganancias con la fragilidad o antifragilidad.

6. Conclusiones

Entre las principales conclusiones que podemos aportar en el presente trabajo se encuentran las siguientes:

No resulta fácil introducir la versión axiomática de la probabilidad clásica que incluya un evento Black Swan o completamente inesperado fuera del espacio muestral que se define desde el inicio. Sin embargo, el trabajo de Chichilnisky (2010) resulta una muy buena primera base para el desarrollo de trabajos posteriores.

A partir de una suposición de comportamiento de los rendimientos como una distribución normal, se observa que a partir de los estadísticos tradicionales de promedio y desviación estándar los casos de eventos con rendimientos más allá de tres desviaciones estándar tendrían prácticamente probabilidad casi cero de ocurrencia. En la realidad este pronóstico no sucede y si ocurren este tipo de eventos para algunas variables de mercado y estructurales de México y no en tan pocos casos se rebasan el piso y techo de tres e incluso cinco desviaciones estándar. Tales eventos extremos pueden perfectamente corresponder a eventos Black Swan y estarían asociados por ejemplo a la crisis inmobiliaria, la pandemia de "covid-19" o otras situaciones extremas.

A partir del procedimiento para determinar la antifragilidad y fragilidad (-1 y 1 respectivamente) curiosamente se van alternando entre valores positivos y negativos en periodos cercados y las variables estructurales muestra valores absolutos menores que las de mercado en el caso de México.

Al parecer no hay evidencia causal entre eventos extremos y fragilidad o antifragilidad. En el caso de algunas las variables seleccionadas solo son algunos casos que después de un evento extremos pudo haber anticipado un comportamiento de fragilidad o antifragilidad sobre todo en la crisis inmobiliaria y la aparición del “covid-19”.

Referencias

- Alatorre D.; C., Gershenson y J.L. Mateos (2023). Stocks and cryptocurrencies: Antifragile or robust? A novel antifragility measure of the stock and cryptocurrency markets. *PLoS ONE* 18(3): e0280487. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0280487>.
- Balabaev, M. O. (2017). Black Swan and curvature in an autocatalator model. *Procedia Engineering*, 201, 561–566. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.614>.
- Cardoso T.; T. C. e. Bufalo; R. Bufalo; L. P. G. de Figueiredo; Q. A. Wang & F. L. Alves (2021). A stochastic least action principle applied in the description of Black Swan events. In *arXiv [cond-mat.stat-mech]*. <http://arxiv.org/abs/2112.04861>.
- Castro Correa, C.; & M. City (n.d.). *Black Swan Theory: We know absolutely nothing & the finding of atypical events optimization-method*. Actuaries.org. Retrieved September 12, 2023, from <https://www.actuaries.org/mexico2012old/papers/CastroCorrea.pdf>.
- Chichilnisky, G. (2000). An axiomatic approach to choice under uncertainty with catastrophic risks. *Resource and Energy Economics*, 22(3), 221-231. [https://doi.org/10.1016/s0928-7655\(00\)00032-4](https://doi.org/10.1016/s0928-7655(00)00032-4).
- Chichilnisky, G. (2010). The foundations of probability with Black Swans. *Journal of Probability and Statistics*, 2010, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2010/838240>.
- Devarajan, J. P.; A. Manimuthu & V. R. Sreedharan (2023). Healthcare operations and Black Swan event for “covid-19” pandemic: A predictive analytics. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 70(9), 3229–3243. <https://doi.org/10.1109/tem.2021.3076603>.

- Korobeinikov, A.; 1 Centre de Recerca Matemàtica; Campus de Bellaterra, 08193 Bellaterra, Barcelona, Spain, Shchepakina, E., Sobolev, V., & 2 Samara National Research University, 34 Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia. (2020). A Black Swan and canard cascades in an SIR infectious disease model. *Mathematical Biosciences and Engineering: MBE*, 17(1), 725–736. <https://doi.org/10.3934/mbe.2020037>.
- Manhire, J. T. (2018). Measuring Black Swans in financial markets. *Journal of Mathematical Finance*, 08(01), 227–239. <https://doi.org/10.4236/jmf.2018.81016>.
- Pineda, O. K., Kim, H., & C. Gershenson (2019). A novel antifragility measure based on satisfaction and its application to random and biological Boolean networks. *Complexity*, 2019, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2019/3728621>.
- Sandhu, R.; T. Georgiou & A. Tannenbaum (2015). Market fragility, systemic risk, and Ricci curvature. *In arXiv [q-fin.RM]*. <http://arxiv.org/abs/1505.05182>.
- Sengupta, I. (2020). An exhaustive study of the “BLACK SWAN” events in the financial markets. *Adhyayan A Journal of Management Sciences*, 10(02), 22–35. <https://doi.org/10.21567/adhyayan.v10i2.4>.
- Taleb, N. N., & R. Douady (2013). Mathematical definition, mapping, and detection of (anti)fragility. *Quantitative Finance*, 13(11), 1677-1689. <https://doi.org/10.1080/14697688.2013.800219>.
- Taleb, Nassim Nicholas (2007). *Foiled by randomness: The hidden role of chance in life and in the markets*. Penguin Books.
- ___ (2013). *Antifragile: Things that gain from disorder*. Penguin Books.
- Zanette, D. H., & S. Manrubia (2020). Fat tails and Black Swans: Exact results for multiplicative processes with resets. *Chaos (Woodbury, N.Y.)*, 30(3). <https://doi.org/10.1063/1.5141837>.