



Número 36 Enero-Junio 2017 ISSN 0185-6618

Ciencia y Universidad

Revista de economía

Las remesas como factor de convergencia económica interregional en México, 2003-2015

Oscar Peláez Herreros

TLC ANSEA-China: breve análisis de su desempeño económico

José Manuel Orozco Plascencia

Econofísica... Econo...que?

Víctor Hugo Gualajara Estrada

Guillermo Sierra Juárez

Fisionomías de las PyMEs en la Provincia de Buenos Aires en Argentina y su vinculación con el acceso al financiamiento externo

Lisana B. Martínez, M. Belén Guercio

Hernán P. Vigier

Economía regional y delincuencia en Michoacán

Jerjes Ixcoalt Aguirre Ochoa

Carlos Francisco Ortiz Paniagua

Evolución y caracterización de la educación superior privada en Sinaloa

Cuahtémoc Espinoza Verduzco

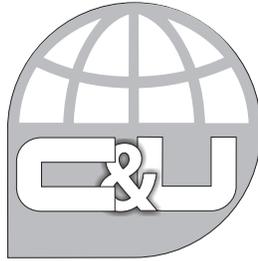
Jorge Rafael Figueroa Elenes



Ciencia y Universidad, es una publicación semestral, editada por la Universidad Autónoma de Sinaloa a través de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Año 19, número 36, correspondiente al período de Enero a Junio de 2017. Editor responsable Irvin Mikhail Soto Zazueta. *Certificado de Reserva número 04-2016-122014592500-102 expedido por la Dirección de Reservas de Derechos del Instituto Nacional de Derechos de Autor. Certificado de Licitud de Título y Contenido por la Secretaría Técnica Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación, No 16078. ISSN 0185-6618. Latindex Folio 439.* Dirección de Ciencia y Universidad: Calle Josefa Ortiz de Domínguez s/n, Ciudad Universitaria, Culiacán Sin., CP 80040, Teléfono y Fax 713 38 03. Este ejemplar se imprimió el día 30 de Junio de 2017 en los Talleres de Imprenta Universitaria, Ignacio Allende y Josefa Ortiz de Domínguez, Col. Gabriel Leyva, Culiacán, Sinaloa, los ejemplares impresos se remiten para su distribución a la Dirección de Editorial de la Universidad Autónoma de Sinaloa, Burócratas No.274-3 Ote., Col. Burócrata, Culiacán, Sinaloa, México.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Al reproducir contenidos e imágenes de la publicación agradeceremos la cita correspondiente tanto de autor como de la revista.



Ciencia y Universidad

Revista de economía



Universidad Autónoma de Sinaloa
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales

México

Universidad Autónoma de Sinaloa

Juan Eulogio Guerra Liera / *Rector*

Jesús Madueña Molina / *Secretario General*

Ilda Elizabeth Moreno Rojas / *Directora de Editorial*

Juan Carlos Ayala Barrón

Director de Imprenta Universitaria

Jorge Rafael Figueroa Elenes

Director de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales

Francisco Higuera Castro

Secretario Académico de la Faces

Benjamín Saavedra Núñez del Arco

Coordinador de Posgrado de la Faces

Irvin Mikhail Soto Zazueta / *Director de la Revista Ciencia y Universidad*

Moisés Alejandro Alarcón Osuna / *Editor académico*

Guillermo Sandoval Gutiérrez / *Editor técnico*

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Nora Teresa Millán López / UAS México.

Dr. Moisés Alejandro Alarcón Osuna / UAS México.

Dr. Arturo Retamoza López / UAS México.

Dr. Rafael Rentería Zatarain / UAS México.

CONSEJO EDITORIAL

Ph.D. Ajit Singh / University of Cambridge

Ph.D. Charles Jones / University of Cambridge

Ph.D. Ha-Joon Chang / University of Cambridge

Dra. Aida Rosario Hernández / INAH, UNAM. México.

Dr. Roberto Escalante Semerena / UDUAL

Dr. Carlos Tello Macías / UNAM. México.

Dr. Rolando Cordera Campos / UNAM. México.

Dr. Alberto Acosta / FLACSO. Ecuador.

Dr. René Ramírez / SENESCYT. Ecuador.

Dr. Pablo Martín Urbano / UAM. España.

Dr. Pablo Lacoste / Universidad de Santiago de Chile. Chile

Dra. Ana Urraca Ruiz / Universidade Federal Fluminense. Brasil.

Dra. Gemma Durán Romero / UAM. España.

Dr. Juan Ignacio Sánchez / UAM. España.

Dr. Wilman Gómez Muñoz / UdeA. Colombia.

Dr. Edgrar Negrin de la Peña / UCLM. España.

INDICE

Las remesas como factor de convergencia económica interregional en México, 2003-2015 Oscar Peláez Herreros	7
TLC ANSEA-China: breve análisis de su desempeño económico José Manuel Orozco Plascencia	33
Econofísica... Econo...que? Víctor Hugo Gualajara Estrada, Guillermo Sierra Juárez	63
Fisionomías de las PyMEs en la Provincia de Buenos Aires en Argentina y su vinculación con el acceso al financiamiento externo. Lisana B. Martinez, M. Belén Guercio, Hernán P. Vigier	83
Economía regional y delincuencia en Michoacán Jerjes Ixcoalt Aguirre Ochoa, Carlos Francisco Ortiz Paniagua	103
Evolución y caracterización de la educación superior privada en Sinaloa Cuauhtémoc Espinoza Verduzco, Jorge Rafael Figueroa Elenes	129

Econofísica... Econo...que?

Víctor Hugo Gualajara Estrada
vgualajara@cucea.udg.mx

Guillermo Sierra Juárez
gsierraj@cucea.udg.mx

Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas
Departamento de Métodos Cuantitativos
Universidad de Guadalajara

Revista Ciencia y Universidad
No. 36 Enero-Junio 2017
Universidad Autónoma de Sinaloa. México.
ISSN 0185-6618

INDAUTOR (Reserva de derechos al uso exclusivo) 04-2016-122014592500-102

La Física y la Economía, dos áreas de conocimiento que para muchos parecieran no tener vinculación, hoy en día con la diversificación de las áreas de conocimiento y la especialización de muchas otras, parecerían tener más vinculación de la que a la vista parece. En años relativamente recientes encontramos que aparecen artículos de investigación que tratan de Finanzas y Economía en revistas de Física Teórica. El área de conocimiento que se ha generado se la ha dado por llamar Econofísica [3]. Y parece que para cierto grupo de físicos teóricos se ha encontrado un nuevo campo de conocimiento, el cual debe ser muy interesante de explorar y para los economistas una nueva perspectiva de enfrentar los tradicionales problemas. En este trabajo se pretende tratar en breve lo que es la Econofísica, que tipos de problemas estudia y despertar el interés de su estudio para quienes poco o nada habían escuchado de ella.

Abstract

Physics and the Economy, two areas of knowledge that seem to have no connection to many, nowadays with the diversification of areas of knowledge and the specialization of many others, seem to have more linkage than appears to the eye. In relatively recent years we find that research articles dealing with Finance and Economics appear in magazines of Theoretical Physics. The area of knowledge that has been generated has been called Econophysics [3]. And it seems that for a certain group of theoretical physicists a new field of knowledge has been found, which must be very interesting to explore and for economists a new perspective of facing the traditional problems. In this paper it is tried to treat in a short time what is the Economophysical, what types of problems it studies and to arouse the interest of its study for those who had little or nothing heard of it.

Introducción

Actualmente con la diversificación de las áreas de conocimiento y la apertura de nuevas carreras en el mundo universitario, es común ver la relación o vinculación de áreas de conocimiento que en un mundo ordinario muchos de nosotros pensaríamos que no tienen trabajo en común.

Al hablar, por ejemplo, de biofísica o la geofísica que resultaría un poco extraño en algún momento del pasado y pensar en procesos de la biología o de la geología estudiados desde la perspectiva de la física. Es importante pensar que con los avances tecnológicos y con la tecnificación de muchas áreas del conocimiento ver como la computación y la matemática cada vez más se iba a ver entremezcladas en muchas áreas de conocimiento antes ajenas para ellas.

En tiempos actuales resulta común hablar de las finanzas y la economía como los son los deportes, el clima, la política o muchos temas clásicos de pláticas de cafés o puntos clave en noticieros o medios de comunicación. Las bruscas caídas de los mercados, las exageradas subidas de ciertos valores en el mercado, el precio del barril de petróleo, ya ni hablar de un tema tan actual como el precio de la gasolina, la cotización del dólar, del euro, son temas ya muy comunes entre la gente y la prensa. En general, la volatilidad de los mercados.

Un hecho sobresaliente, es que en décadas recientes han aparecido artículos de investigación sobre finanzas y economía en revistas de Física Teórica. La nueva área de conocimiento que se ido construyendo se le ha llamado Econofísica. Este campo denominado Econofísica trata de aplicar los métodos propios de la Física a la teoría económica.

Existen al menos dos razones principales para esta vinculación entre la física y la economía se haya dado. La primera, es que el mercado laboral en el sector académico y de investigación de los físicos se ha ido deteriorando en últimos años. Las instituciones financieras se han dado cuenta de que la buena formación matemática y la habilidad para el uso de recursos computacionales y programación de los físicos, y los convierte en excelentes diseñadores de nuevos y sofisticados productos financieros y desarrolladores de técnicas de análisis de grandes masas de datos. Los buenos resultados obtenidos en estas actividades para los físicos, ha dado que algunos de ellos a fundar sus propias empresas firmas o consultorías, ofreciendo servicios en el área de finanzas y negocios con muy buenos resultados.

Una segunda razón que permite esta interesante fusión es con un enfoque más parecido al de las ciencias naturales que el de las ciencias sociales. Como es

sabido, la Física Estadística está relacionada con sistemas que involucran un alto número de partículas. Esta área de la física ha desarrollado métodos que pueden ser usados para analizar el comportamiento de sistemas con un gran número de componentes a partir de la descripción de sus componentes individuales. Algunos de estos métodos ya han sido empleados con éxito en áreas específicas de biología. Es evidente que no se ve razón por la cual no se puedan aplicar con buenos resultados en los campos de economía y finanzas.

El 29 de marzo de 1900 puede ser considerado con toda justicia el nacimiento de las matemáticas financieras. En esa fecha un joven llamado, Louis Jean-Baptiste Alphonse Bachelier, defendió su tesis de Doctorado en Matemáticas, en la Facultad de Ciencias de la Academia de Paris [9]. Esta tesis, fue totalmente revolucionaria para la época, por muchas razones. En la misma se utilizó el concepto de movimiento browniano para describir el movimiento de los precios en los mercados y se obtuvo la primera formalización teórica de las caminatas aleatorias.

Por otro lado, uno de los pilares principales en la que se ha basado el estudio técnico de la economía en los últimos 100 años es la llamada HME (Hipotesis de Mercado Eficiente) siendo a vez el supuesto más adoptado y menos creído. Supone, en concreto lo siguiente, que toda la información susceptible a ser conocida por el sistema, sea una maquinaria perfecta, que integra en cada paso de tiempo toda la información relevante. Por su contenido la probabilidad de que ocurran fenómenos como un *Cash* es casi imposible, por la probabilidad que le asigna. Por tanto, la teoría clásica se cae poco a poco. La econofísica está dando paso a un respaldo teórico a una idea ya en gran medida extendida: la HME no es completamente verdadera. Por ejemplo, la teoría del caos o la geometría Fractal de Mandelbrot aplicada a mercados financieros.

En resumen, la economía y las finanzas están fuertemente influenciadas por las matemáticas desde hace más de un siglo, con herramientas que van desde el movimiento browniano hasta la teoría de juegos o fractales. En Finanzas por ejemplo, se ha asumido que las fluctuaciones de precios siguen una distribución normal y que los mercados funcionan eficientemente.

La presencia de los físicos tanto en economía y finanzas ha dejado de ser esporádica y poco a poco ha dado forma a una comunidad científica con características muy particulares que ha comenzado a surgir. Se han llevado a cabo ya varios seminarios y conferencias internacionales sobre estos temas, varias revistas especializadas sobre este interesante tema han empezado a aparecer, y

además algunas revistas tradicionales de Finanzas, Economía o Física han comenzado a publicar artículos sobre Econofísica.

Un dato final que vale la pena comentar es que recientemente han aparecido artículos de investigación celebrando los primeros 20 años de investigación de la Econofísica [1].

¿Qué es la Econofísica?

La Econofísica ha ido creciendo como una nueva área de investigación interdisciplinaria con sus propios objetos de estudios, sus técnicas particulares de investigación y su propia comunidad científica, como ya se ha mencionado [2].

En contraste con las teorías neoclásicas de equilibrio, la forma ortodoxa de pensamiento de la economía, esta nueva área de investigación propone una mejor interpretación de los procesos económicos, basada en las técnicas y herramientas de la física.

El trabajo producido por los investigadores en el área de Econofísica puede ser considerado como una extensión lógica a los objetivos e intereses de los físicos estadísticos tradicionales (también otras especialidades). Pero como todo en la vida no puede ser color de rosa, existen ciertos detractores a esta área de investigación. Ellos sostienen la falta de equivalencia entre el diseño de un experimento físico con condiciones controladas de laboratorios y escenario en un estudio empírico de las series temporales que emergen de los mercados financieros.

Aquí, vale la pena mencionar el punto que han señalado R. N. Mantenga y H. E. Stanley [3] considerados los fundadores de la Econofísica, que esta característica se presenta en varios campos de la física como lo son Astrofísica, Geofísica y Física de la Atmosfera. Entonces, en el campo de la Econofísica existe la misma posibilidad de validar o rechazar una teoría que en los antes mencionados y establecidos campos de las ciencias físicas.

Finalmente en esta sección, se menciona que son varios los temas que se incluyen en el campo de la Econofísica, y estos comprenden tanto de macroeconomía y microeconomía, así como de finanzas. Algunos de estos temas tienen como objetivo fundamental tratar de extraer y extender las propiedades de los fenómenos económicos a partir de la dinámica microscópica de los agentes individuales que intervienen.

En la sección siguiente se revisaran algunos de los temas más citados de la Econofísica. Pero, sin dudas, de todos los temas que hasta la fecha han sido

estudiados desde el punto de vista de la Econofísica, el más popular es el relacionado con el análisis de los mercados financieros.

Como se observa es necesario poder explicar el comportamiento de los precios para entender el comportamiento de los agentes de los que depende. Es obvio, que los agentes económicos no se comportan en tradicionalmente de manera racional y esto afecta los precios. Se han propuestos modelos complicados y sencillos para predecir el comportamiento de estos agentes. Dentro de los primeros entran Modelos como el SFI (Santa Fe Institute) que a pesar de incluirá características propias del mercado es a veces difícil de analizar por lo complicado de las simulaciones numéricas.

Ejemplos

a) Juego de Minorías

Si bien sabemos el precio de los bienes en el mercado se basa en las decisiones de los agentes económicos, por lo que debemos basarnos en un análisis sobre como comprender la conducta de dichos sucesos, es decir en la toma de decisiones y como estos afectan a otros participantes del sistema. Estos comportamientos fueron observados por el economista John Maynard Keynes donde exponía que los títulos de los bienes no están sujetos por el valor real, sino por la percepción que los demás tienen sobre estos títulos [4].

Brian Arthur con su modelo de “El Farol” abrió un camino más profundo para estudiar la dinámica entre lo individual y lo colectivo. Este modelo consistía bajo una anécdota real en un bar de Santa Fe, Nuevo México, donde todos los jueves por la noche se toca música Irlandesa, dado que una gran cantidad de personas aficionadas de la música Irlandesa deben de tomar dos decisiones basadas en ir a escuchar su música o no asistir, ya que si este excede más de sesenta personas en el bar este se vuelve agobiante para los asistentes de este lugar.

Visualizando esto Arthur elaboró el siguiente modelo: bajo un conocimiento restringido (ya que no hay manera de saber cuántas personas asistirán), establecieron su estrategia de asistir o no bajo su experiencia en asistencias anteriores. Si un cliente espera que haya más de sesenta personas entonces este no asistirá por otro lado si el cliente espera que haya menos de sesenta personas entonces este irá a disfrutar de su música preferida. Se puede presenciar que la elección de una persona de manera individual va tener injerencia en lo colectivo, esto se puede visualizar ya que se puede crear escenarios

paradójicos debido a que si muchos de los clientes predicen correctamente que estará poco concurrido el lugar ese jueves entonces su decisión correcta los hará equivocarse. De manera contraria si todos predicen correctamente que estará concurrido no asistirán, por lo que el bar será poco concurrido.

Al ver este tipo de problemas en los que se enfrenta el modelo del Farol se puede presenciar de manera consistente en fenómenos económicos y sociales siendo de vital importancia en el estudio de la Econofísica.

Dentro de los sencillos tenemos El Farol, que es el punto de partida de una serie de modelo de agentes. Entre ellos los más conocidos son los llamados “juegos de minoría” (Minory Games) propuestos en un inicio en 1997 por Damian Challet y Yi-Chen Zhang [5].

De manera básica un juego de minorías es aquel donde un grupo de individuos toma decisiones consecutivas basadas en la observación de los éxitos y fracasos de estrategias pasadas. Como su mismo nombre lo indica el grupo ganador es el que se encuentren en minoría, ahora bien podemos ver que el éxito de nuestra decisión va estar caracterizada por lo que hayan elegido los demás participantes.

Se propone un ejemplo sencillo donde se tiene solamente dos opciones vender o comprar un título, en una iteración en el cual hay 17 participantes, en el cual 12 vendieron su título y solo 5 decidieron por comprar, la minoría serán los compradores donde los vendedores son la mayoría haciendo que el precio de estos títulos disminuya por la ley de oferta y demanda generando un mejor beneficio a los compradores.

Como ya se ha mencionado los agentes se basaran en la observación de los éxitos y fracasos teniendo con cuenta como referencia la información acumulada en los juegos realizados lo que les permitirá realizar estrategias para obtener ganancias o disminuir la incertidumbre. Estos juegos a pesar de su sencillez muestran una gran capacidad para explicar sucesos que han llegado a ocurrir como lo son el pánico bancario y están siendo de gran aporte para este campo de estudio.

b) Hipótesis de Mercado Eficiente, caos y sistemas auto-organizados

En la economía y los mercados financieros hay múltiples fenómenos y eventos dinámicos, los cuales van desde las fluctuaciones en los precios como las catástrofes del mercado bursátil hasta un sinfín de externalidades que se pueden

presentar en el mercado financiero. Por este y más hechos podemos decir que el comportamiento de la economía en general es irregular, complejo y no lineal.

Es fácil pensar en la no linealidad en la economía ya que estas relaciones tienen una causa o acciones con varios efectos o resultados diferentes. El empleo de las relaciones lineales se ha utilizado por simplicidad en los modelos, pero como podemos ver en los fenómenos teóricamente es difícil que siga ese comportamiento lineal que es la base del análisis de las series temporales lineales.

A lo largo del tiempo se ha observado como la economía se ha alimentado de los avances del análisis matemático y estadístico de los sistemas dinámicos no lineales específicamente en la física. Sin embargo, el concepto de proceso estocástico llega a la economía de una forma tardía y sólo lo define como aquello que no se puede explicar haciendo que este no vaya unido a la justificación teórica.

La aparición de la teoría del caos ha tenido fuerte impacto en campos como la física, biología y química, lo cual se puede usar para el estudio de fenómenos económicos ya que casi todas las series económicas presentan un grado de aleatoriedad siendo éstas difíciles de predecir en cuanto a su comportamiento.

Los modelos lineales entonces nos muestran una limitada representación de comportamientos ya que no pueden representar la dinámica del sistema caótico de una manera lo más apegada a la realidad. Únicamente por modelos no lineales puede ser reflejada la complejidad de la economía que esta pasa por estados de equilibrio, estables o inestables, así como comportamientos de apariencia aleatoria, pero que son generados por sistemas de comportamiento caótico.

Estos modelos dinámicos no lineales son en general muy sensibles a las condiciones iniciales, de manera que los errores iniciales que se encuentren a lo largo del tiempo limite el espacio predictivo por lo que genera una apariencia temporal aleatoria. Un sistema es caótico, si dos condiciones iniciales infinitamente próximas, evolucionan al cabo de poco tiempo de manera muy distinta. Por lo anterior, podemos identificar a la bolsa como un sistema altamente no lineal, si su dinámica es caótica entonces está puede ser impredecible. Sin embargo, en la naturaleza se presentan lo que los físicos llaman caos débil, el cual es un sistema donde las predicciones son posibles a corto plazo. Si el comportamiento de la economía se confirma como caótico estos puede haber pautas para poder predecir en periodos cortos.

Las predicciones a largo plazo no son posibles ya que los comportamientos caóticos se caracterizan por la dependencia a las condiciones

iniciales lo que quiere decir que cualquier pequeña divergencia puede significar el cambio en el proceso exponencialmente, esto ocurre en la mayoría de los casos.

Para poder modelar lo que este tipo de fenómenos mencionados con anterioridad se han utilizado varias herramientas muy diferentes a las tradicionales, debido a que han sido incapaces de distinguir entre caos y aleatoriedad pura. El cálculo de la dimensión fractal y los exponentes de Liapunov se han tomado de otras disciplinas como la física para determinar el carácter caótico de una serie temporal pero éstas han presentado grandes diferencias entre la economía y la física trayendo problemas con el comportamiento que se presentan en las variables económicas.

En los mercados financieros es donde hay más presencia de caos y sistemas complejos ya que se presentan series de tiempo con un intervalo mayor que en las series económicas y estas nos representan un mayor grado de fluctuación como son los mercados de capitales y derivados. Si bien ahora con lo dicho que podemos contrastar de la llamada Hipótesis de los Mercados Eficientes debido a que hay muchas versiones tomaremos la de Eugene Fama [6] donde nos presenta que un mercado es eficiente si el precio de los títulos reflejan totalmente la información disponible (esta puede ser pública o privada dependiendo de la versión) sobre los hechos que han ocurrido así como los que se espera que ocurran.

Tomando en cuenta lo anterior podemos proponer que los precios de los títulos siguen un proceso aleatorio o dicho de otra manera una martingala. Sin embargo, el comportamiento errático presentando en los mercados financieros juntos a algunas anomalías como el efecto tamaño y efecto sobre-reacción contradicen la Hipótesis de los Mercados Eficientes abriendo una posibilidad a la teoría del caos para explicar el funcionamiento de los mercados financieros. En un comentario del Dr. Francisco José Vázquez (2009) [7] nos dice que: “un sistema se dice que es complejo cuando no puede explicarse de forma satisfactoria a partir de sus comportamientos individuales, presentando interacciones entre distintos niveles”. Este tipo de sistemas tienen a menudo propiedades de auto-organización. En la física hay muchos ejemplos de estos fenómenos tomando como ejemplo de fenómeno crítico auto-organizado el reloj de arena que nos proporciona Bartolomé Luque [4] (Este según el autor pertenece a caos débil a corto plazo): Imaginemos un reloj de arena en el cual los granos van formando un pequeño montón de arena de muy diversos tamaños, de tal modo que la pendiente permanece constante, se auto-regula. El sistema está siendo

perturbado y se “auto-organiza” disipando arena mediante avalanchas para mantener la pendiente.

Si bien este tipo de fenómenos se pueden presentar en los mercados bursátiles debido a estudios recientes en la modelación de comportamientos auto-organizados por medio de los dos tipos de inversores los cuales son los fundamentalistas y cartistas o técnicos. Nos presentan fenómenos con dinámicas caóticas de auto-organización.

Otro ejemplo muy importante que debemos mencionar es lo expuesto por los econofísicos A. Johansen y D. Sornette que hicieron una conexión con los crashes bursátiles con la predicción de terremotos siendo este tipo de fenómenos para muchos físicos de fenómenos críticos de auto-regulación. Utilizando las herramientas matemáticas para la predicción de terremotos estos fueron posteriormente utilizados para explicar el comportamiento de los índices financieros ante los crashes. Por lo anterior se obtuvo una importante predicción de lo que ocurrió en el crash del NASDAQ el 14 de abril de 2000.

La hipótesis de los mercados eficientes ha tenido gran impacto en las últimas décadas en el tema de la economía financiera, probablemente sea el término más citado en esta área. Sus principios se basan en la caminata aleatoria (Random Walks) y nos dice que las cotizaciones bursátiles son totalmente impredecibles. La hipótesis nos indica que en el mercado financiero es eficiente cuando los títulos reflejan totalmente toda la información disponible sobre ellos [8].

Este término con antecedencia se encuentra asociada al concepto de igualdad de condiciones por Cardano (1565) fundamentada en los juegos de azar. Este concepto puede introducirse en el mercado financiero que en este caso podría representarse en esta área como la igualdad de condiciones del tipo informacional que se tienen acerca del mercado lo que hace que se convierta en un juego justo.

En este mercado no se estaría en ventaja o desventaja sobre los demás agentes económicos, ya que todos poseen la máxima información disponible, por lo que la única manera de obtener beneficio es tener información específica que los demás individuos no tengan, o de otra manera aprovechar las diferencias temporales en el precio de los títulos y su valor intrínseco. Debemos tener en cuenta un punto importante en el cual se han presentado algunas divergencias, pero no es problema sobre la información sino que los agentes no pueden interpretar la información y determinar los efectos que pueden suceder en el mercado.

c) Fractales en las finanzas (Ecofractales)

La geometría fractal ha venido reformular la forma de ver la naturaleza de los objetos desafiando en buena parte a la geometría clásica y al análisis convencional. Se dice que ha desafiado a la geometría clásica ya que esta última estudia las formas suaves y regulares en contraparte de la geometría fractal que se encarga del estudio de las formas geométricas complejas e irregulares.

Si deseáramos dar una definición formal se podría decir que un fractal es un objeto geométrico donde se repite el mismo patrón a diferentes escalas con orientación distinta, ese proceso de repetición se le conoce como iteración caracterizado por tener similitud en toda la escala. Si bien no podemos tener una definición exacta debido a que no es universalmente aceptada por el mundo académico podemos vincular el termino fractal gracias al aporte del famoso matemático Benoit Malderbrot [9].

Los fractales cuentan con algunas características de las cuales podemos encontrar diferentes familias básicas entre las que podemos mencionar los fractales autosemejantes, como el triángulo de Sierpinski, la curva de Koch o el conjunto de Cantor. Estos conjuntos se caracterizan por descomponerse en partes iguales a nivel escalar semejantes al total. También se encuentran los de tipo Moran (con algunas aproximaciones a los autosemejantes pero difiere en que no necesariamente se descomponen de manera semejante al total), los conjuntos autoconformes, los autoafines, las construcciones dirigidas por cadenas de Markov, o los de movimientos brownianos. Utilizando estos y otros modelos se puede recrear una gran variedad de procesos económicos, físicos, geológicos y astronómicos.

Otra particularidad que poseen los fractales es su dimensión. Por medio de la dimensión topológica o euclidiana se sabe que las dimensiones que podemos percibir son 0 (representada por un punto), 1 (representada por una línea), 2 (representada por un plano), 3 (los volúmenes).

A partir de una perspectiva cualitativa podemos visualizar la geometría fractal con una relación muy fuerte con el comportamiento del mercado bursátil, debido a que las gráficas que se presentan en diversos mercados bursátiles son muy parecidas a los procesos de iteración de auto-similitud Mandelbrot introdujo este modelos de fractales para estudiar el comportamiento del mercado bursátil.

Así como de manera cualitativa se puede representar la aplicación de los fractales también hay una metodología cuantitativa basado en la teoría de las ecuaciones diferenciales pero a diferencia de otros modelos matemáticos, por

ejemplo: Black and Scholes [10]; el modelo de crecimiento malthusiano y el modelo de análisis de riesgo de Vidale-Wolfe están basadas en ecuaciones diferenciales de análisis local lo cual son válidas comprendiendo periodos de tiempo muy cortos por otro lado la dinámica fractal se puede representar el comportamiento de un punto x_0 bajo la iteración de la función $f(x)$.

Si bien este tipo de herramientas que se han utilizado surgieron debido a las anomalías distintas que se presentaban en los mercados; como por ejemplo la prima de activo, que nos dice que a largo plazo, los retornos de la acciones sobre los bonos son muchas veces mayores a lo explicado por la teoría tradicional.

Para poder abordar algunos de los problemas que se han estado mencionando se pueden utilizar las herramientas de la geometría fractal desarrollada por Mandelbrot y otros que nos ayudaran a trabajar con un marco más general sobre el cual la hipótesis de los mercados eficientes ha estado funcionando. Mediante el uso de los fractales podremos detallar la gran complejidad que poseen los mercados financieros por medio de reglas simples que nos llevan a lo complejo.

Así, como se ha mencionado anteriormente, las dimensiones de los fractales en las series de tiempo financieras estas no llegan a cubrir todo el espacio que las contienen, sabemos que esta se encuentra en las dimensiones 1 y 2 ya que son más que una línea pero menos que un plano, al aplicar la dimensión fractal a este tipo de series de tiempo financieras nos dará una medida más realista que la tradicional manera de calcular el riesgo de distintos activos por medio de la varianza.

Una herramienta utilizada en la geometría fractal es el exponente de Hurst (H), este exponente se obtiene a partir del llamado análisis de rangos rescalados o el análisis R/S el cual nos permite analizar la naturaleza de una serie de tiempo y su valor se encuentra entre los límites de 0 y 1 [11].

El valor del exponente nos dirá el comportamiento de la serie de tiempos por ejemplo si este tiene un valor de $H = 0.5$, entonces estamos en presencia de un proceso random walk. Pero si tenemos un H diferente del 0.5 entonces estaremos presenciando un proceso con memoria lo cual nos implica que se perderá la independencia en las observaciones. Teóricamente esa memoria es infinita por lo que pase hoy o sea el presente es el resultado de todos los resultados del pasado entonces al utilizar el exponentes de Hurst obtendremos la medida de correlación que nos proporciona el impacto del pasado con el presente y el presente con el futuro.

Si el valor de H es de 0 a 0.5 tendremos un proceso antipersistente (acercándose más al proceso cuando su valor es más próximo a 0) lo cual la serie de tiempo se comporta del tipo de mean reverting. Por el lado contrario si su valor es de 0.5 a 1 el proceso reforzará la tendencia y este tendrá una alta probabilidad de que persista el mismo sentido, cabe resaltar que este tipo de procesos son los que tienen más apariciones en los mercados financieros. Por último tenemos el coeficiente R/S que analiza los ciclos y mide su duración media y su longitud nos dirá que cuando el sistema ha perdido la memoria de sus propias condiciones iniciales.

En resumen, el exponente Hurst nos indica la que tanta relación o impacto tiene el presente con el futuro que sería determinar la correlación de una serie de tiempo si este coeficiente de $H = 0.5$, entonces tendríamos un proceso random walk lo que nos dirá que la correlación de 0 ya que no se tendría memoria y los eventos son independientes. Si bien podemos notar la geometría fractal es un método que difiere al comportamiento postulado por la hipótesis de los mercados eficientes y trata de modificar dicho análisis postulando hipótesis diferentes a las establecidas y nos proporciona resultados con mayor consistencia con las observaciones empíricas conforme a los mercados financieros.

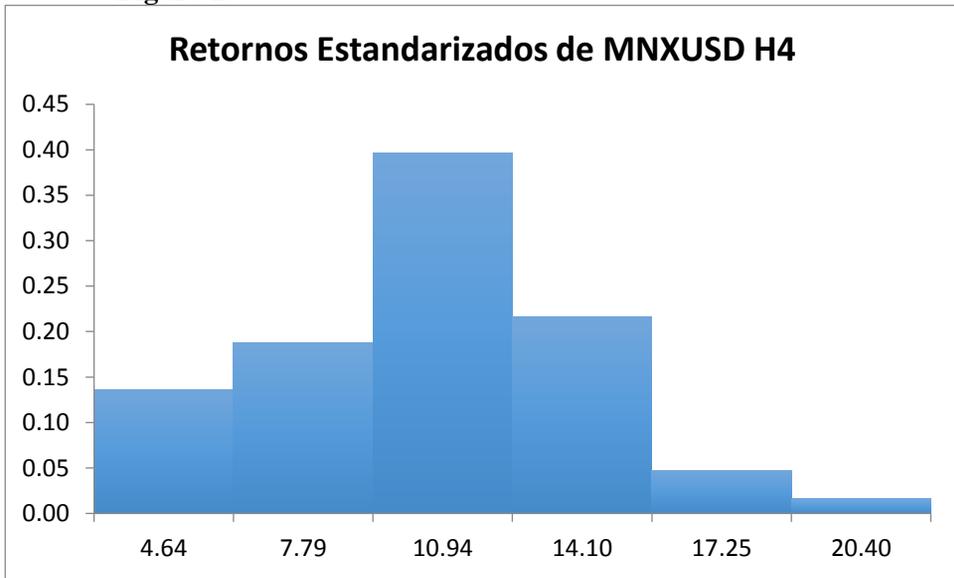
Cabe Destacar que existen varios grupos multidisciplinarios que trabajan como campo de investigación el papel de los fractales en la economía y finanzas entre los que se encuentra [12].

El estudio de los fractales aún se encuentra en evolución debido a su innovación y complejidad que trae consigo, este campo nos acerca a una aproximación más ajustada a la naturaleza de las cosas dándonos una gran aportación a la ciencia, si bien esta rama no puede considerarse como una ciencia nos sirve como herramienta para poder entender diferentes procesos en ciencias como la física y economía.

d) Distribución de Levy (Vuelos truncados de Levy en las Finanzas)

Últimamente se ha abierto un debate sobre el comportamiento de los precios en los mercados referente a la distribución que refleja en la realidad ya que anteriormente se consideraba que estaba representada por una distribución log-returns que para datos de intervalos grandes convergía a una distribución normal. Tomando como ejemplo el siguiente histograma (Figura 1) que muestra los logaritmos estandarizados del par MXNUSD en el marco temporal H4. Se muestra claramente como tiene una tendencia leptocúrtica.

Figura 1.



Histograma de MNXUSD (retornos estandarizados de MNXUSD H4). Elaboración propia con datos de Banco de México

En las distribuciones de Levy podemos escuchar hablar de colas gruesas que se reflejan en la curtosis, que es el levantamiento de la curva, nos dice lo alejado que esta la cantidad de rendimientos o datos de la media. La curtosis de una distribución perfecta es igual a 3.

Lo especial de estas colas pesadas es que hay más casos excepcionales en los cuales en las colas se encuentran más del 2% (5% por decir un ejemplo) de los datos como lo menciona una distribución normal. Este tipo de distribución en la colas nos dice que hay más probabilidades de que ocurra un suceso no esperado (tomemos como ejemplo el crash de octubre de 1987).

Prueba de distribución de Pareto-Lévy (colas pesadas) y Vuelos Truncados de Levy

En este tipo de análisis es de suma importancia determinar si la distribución de probabilidad que estamos analizando es de colas pesadas o no. Las herramientas que son utilizadas para poder determinar si efectivamente

pertenecen a este grupo de distribuciones son los modelos multifractales, el análisis fractal así como las distribuciones de Lévy por decir algunos ejemplos. Las pruebas que permiten detectar si una serie de tiempo financiera corresponde a una distribución de Lévy o cola pesada tienen como referencia la distribución normal. Además de lo mencionado una prueba toma como indicar la curtosis siendo esta mayor que 3 genera que la función sea leptocúrtica.

Si bien se ha tratado modelar el comportamiento de índices financieros por medio de movimientos Browniano, siendo estos no óptimos debido a la tendencia leptocúrtica de las series mostrados anteriormente. Se han buscado modelos alternativos siendo estos diferentes en la distribución además de contener propiedades finitas e infinitas en los momentos de orden superior de la distribución siendo esta $n \geq 2$.

Mandelbrot en 1993 diseño un modelo donde se incluía la distribución leptocúrtica utilizando el $\ln S(t)$ para el índice de precios de algodón como proceso estocástico con incrementos que una distribución de Lévy no Gaussiana. Si bien las distribuciones contienen segundos momentos infinitos éstas contienen propiedades interesantes como lo es la estabilidad lo que quiere decir que son distribuciones autosimilares.

Los Econofísicos Mantegna y Stanley [3] se tomaran la tarea de estudiar el índice S&P 500 sobre el cual analizaron alrededor de 10^6 y 10^7 datos donde evidentemente observaron que la parte central de la distribución corresponde a un proceso estable de Lévy y no Gaussiano pero se encuentra una diferencia en el comportamiento asintótico de la distribución donde muestra un decaimiento más rápido en el que muestran la distribución de Lévy, este tipo de distribuciones estables de Lévy están caracterizadas por un comportamiento asintótico que obedece a una ley de potencia. La función de densidad tiene la siguiente forma

$$f(x) \approx \frac{\gamma}{\pi x^{\alpha+1}} \Gamma(\alpha + 1) \sin\left(\frac{\pi\alpha}{2}\right)$$

Nos representa que para los valores de $\alpha < 2$ los procesos estables de Lévy tienen varianza infinita. El problema de la varianza infinita en los segundos momentos es conocido como Vuelos Truncados de Lévy (TLF). Debido a sus propiedades no son estables pero contienen un segundo momento infinito. En este tipo de metodología se pudo ver el comportamiento pseudo-gaussiano de la distribución de precios [13]. Por lo que trabajos como este y posteriores han

permitido poder determinar la fluctuación de precios de manera más precisa que se tenían en las finanzas clásicas.

e) Matrices de correlación y correlaciones cruzadas

Un tema propio que se caracteriza por el empleo de estadística para determinar el comportamiento de las series de tiempo financieras el cual se conoce de antemano que es de gran relevancia para la construcción de “portafolios”. Los portafolios son combinaciones de instrumentos con los que se busca disminuir el riesgo de inversión, en otras palabras, se busca “cubrirse” contra la posibilidad de pérdidas; que como sabemos es objetivo se suma importancia en las finanzas.

Para lograr este objetivo se requiere que se identifiquen los instrumentos que están variando en direcciones opuestas, esto es muy relevante. De esta forma, en vez de emplear correlaciones temporales, que bajo algunos supuestos se diría que no existen en los llamados mercados eficientes, para la construcción de portafolios debemos considerar las correlaciones (o anticorrelaciones) entre distintos instrumentos financieros.

Un recurso que de manera eficiente puede mostrar la codependencia entre varios instrumentos financieros, así como dejar ver si existen pequeñas relaciones temporales en el historial de precios de cada instrumento, no surge de los métodos de la física estadística, sino del contexto de la mecánica cuántica. En esta rama se observó que las propiedades de los espectros de sistemas caóticos por tradición, eran muy similares a los espectros de eigenvectores de matrices cuyas entradas eran variables aleatorias. Llamadas bajo ciertas condiciones como matrices aleatorias (Random Matrix) [14].

Estas propiedades que se mencionan difieren mucho dependiendo de cómo se escogen las variables, así como de las propiedades de simetría de la matriz. Estos resultados que se comentan se pueden comparar, por ejemplo, con la matriz de varianzas de un instrumento financiero, o la matriz de correlación cruzada entre instrumentos financieros distintos, véase por ejemplo [15].

Existen trabajos relativamente recientes [16], donde el objetivo principal de este trabajo es reproducir el método utilizado para el mercado estadounidense, que consiste en el acercamiento de matrices aleatorias a matrices de correlación cruzada construidas con datos financieros tomados de una base de datos bursátil mexicana.

La teoría aleatoria de la matriz ha sido uno de esos descubrimientos matemáticos o invenciones de los físicos debido a su necesidad de resolver problemas para la física. Esta teoría ha sido una herramienta útil para reconocer patrones caóticos en sistemas complejos. Esta herramienta es útil en el procedimiento de hipótesis nula cuando se compara con matrices de datos empíricos para los que la correlación es clara.

4.- Perspectivas de Econofísica

Hasta hoy en día, siendo sinceros los economistas no se ven muy convencidos por el trabajo de los físicos en la economía. De manera análoga, los físicos puros no le han dado la relevancia merecida al trabajo de los econofísicos, llegando a decir en ocasiones: “dedíquense a cosas serias”.

Podemos pensar que, con la excepción de las finanzas cuantitativas, se puede considerar como un área más abierta en comparación con la economía dura, cuyos estudiosos gustan de modelos de fluctuaciones comunes a los que se usan en la física, por todo ellos podríamos considerar que esta rama las finanzas cuantitativas, el reconocimiento del trabajo de los físicos es muy apreciado.

Hablando en términos generales los economistas se han visto muy renuentes a aceptar los nuevos enfoques que proponen los físicos, pero se tiene la certeza de que conforme se logren avances más significativos y a la vez los físicos aprendan más economía, el vínculo entre ambas áreas del saber se volverá más estrecho y se logran resolver. Problemas que hoy en día alguna de las dos ciencias no ha logrado resolver por sí sola.

Como hemos visto en el contenido del trabajo de manejan cinco áreas que ha abordado la econofísica (Juego de Minorías, Hipótesis de mercado eficiente y caos, ecofractales, vuelos truncados de Levy y Matrices de correlación) sin ser las únicas ni las últimas. Podríamos mencionar brevemente otras aplicaciones que puede abordar la econofísica: en primer lugar con herramientas de teoría de juegos en la descripción de procesos de toma de decisiones, relativos al problema de distribución espacial de tiendas y otro tipo de diferenciación entre negocios. En segundo lugar, el problema de tratar de entender los factores detrás de la distribución de riquezas, a principios del siglo pasado, el italiano Vilfredo Pareto observo que la distribución de riquezas en distintos países y en distintas épocas está bien descrita por una ley de potencias, en tercer lugar otro tema que visualiza la colaboración entre la física y la economía es el de redes complejas, el fenómeno económico que se necesita

entender es el hecho de que las crisis económicas se contagian de una región a otra, y en muchas ocasiones, al mundo entero.

El año del 2015, para algunos estudiosos es marcado como el año de la celebración del 20 aniversario de la econofísica, consideran que un periodo de 20 años, es quizás demasiado corto para evaluar su importancia y sus logros en la economía, pero consideran que el amplio alcance de su investigación y la importancia de ciertos resultados han hecho de esta ciencia una rama realmente de mucho alcance hoy en día.

Podemos pensar que el desarrollo de un campo determinado de conocimiento se mide tradicionalmente por su capacidad de formular nuevos conocimientos sobre la realidad y los problemas que ella implica. Se puede hablar de progreso en un campo cuando la aplicación de métodos tradicionales conduce al descubrimiento de nuevos hechos y cuando se descubren nuevas leyes científicas utilizando nuevos métodos.

En los próximos años, una de las esperanzas en este renglón es que los Departamentos de Física y de Economía de las universidades se pongan de acuerdo y diseñen en conjunto cursos que cubran los elementos básicos en cada área. En este mismo tenor se espera, que las tesis de posgrado e investigaciones en Econofísica continúen en aumento por las crecientes investigaciones multidisciplinarias.

De la misma Forma se espera que los físicos sigan contribuyendo a la Economía en una amplia variedad de temas, desde macroeconomía hasta microestructuras de mercado, y que sus aportaciones tengan crecientes aplicaciones entre otras: en el campo de políticas económicas, en la valuación de riesgos financieros, en la determinación de precios de derivados financieros, en el estudio de las propiedades estadísticas de los eventos externos (crisis) en los mercados financieros.

La Econofísica podemos considerarla como un intento de desarrollar la economía a través de la transferencia de métodos y técnicas de investigación de la física a la economía. Los métodos de la física aplicados lo más a menudo posible a la economía incluyen teoría de procesos estocásticos, autómatas celulares, dinámicas no lineales.

Como se ha plasmado estamos ante una quizás naciente área de conocimiento, que tiene como se ha comentado 20 años reales de vida, hay mucho por hacer y hay muchos trabajos que lograr y a muchos economistas que

convencer, Todo ello dando crecimiento para oportunidades a futuros investigadores. Enhorabuena... adelante a trabajar en ella.

Referencias

- [1] Jakimowicz, A. (2016). Econophysics as a New School of Economic Thought: Twenty Years of Research. *Acta Physica Polonica A*, 129(5), 897–907. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.129.897>
- [2] Contreras, A. M, & Larralde, H. (2013) “Econofísica: Fronteras de la física en el siglo XXI” *Perspectivas de la física para el siglo XXI* 341-355.
- [3] R. N. Mantegna, & H. E. Stanley (2000). An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance. Cambridge University Press, United Kingdom.
- [4] Lacasa, L., & Luque, B, S. (2005). “Econofísica” Boletín Económico de ICE, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Número 2844.
- [5] Challet, D., & Zhang, Y.-C. (1998). On the minority game: Analytical and numerical studies. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 256(3–4), 514–532. [https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(98\)00260-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(98)00260-X)
- [6] Fama, F, E. (1969). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance* 25(2), 383-417.
- [7] Francisco, V. (2001). “Caos y Complejidad en la Economía”. Las Teorías del Caos y los Sistemas Complejos: Proyecciones Físicas, Biológicas, Sociales y Económicas. Seminario-Debates Multidisciplinares. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.
- [8] Aragonés, J, R. (1994). La Eficiencia y el Equilibrio en los Mercados de Capital. Universidad Complutense de Madrid.
- [9] Mandelbrot B. & Hudson R. (2006); Fractales y Finanzas; Una aproximación matemática a los mercados: arriesgar Perder y ganar. TusQueets Editores, Barcelona España; 322p.
- [10] Velazquez, Tania. “Chaos Theory and the Science of Fractals in Finance”, ODEON, Observatorio de Economía y Operaciones numéricas; Universidad Externado de Colombia; Num 5 2010.
- [11] Casparri, M. T & Moreno, A. “Geometría Fractal y Mercados Financieros”, Buenos Aires, Argentina, 2007.

-
- [12] ECOFRACTAL, Grupo de Investigación de Fractales. España (s.f.). Recuperado el 18 febrero de 2017.
<http://www.grupoecofractal.com/es/node>.
- [13] Cassetti, J. (2011). Valuación Vuelos Truncados de Lévy aplicados al estudio de índices de mercado. Universidad de Argentina, Buenos Aires, Argentina.
- [14] Marchenko, V.A. and Pastur, L.A. (1967) Distribution of Eigenvalues for Some Sets of Random Matrices. *Sbornik: Mathematics*, **1**, 457-483
- [15] V. Plerou, P. Gopikrishnan, B. Rosenow, L. Amaral, T. Guhr, and H. Stanley, “Random matrix approach to cross correlations in financial data,” *Physical Review E*, vol. 65, p. 066126, 2002.
- [16] Martín, J., González, C., & Torres, A. A. (2015). Random Matrix Approach to Correlation Matrix of Financial Data (Mexican Stock Market Case), (September), 1033–1042.